



## Sähkömoottoreiden kunnossapidon kehityssuunnitelma

Jani Kiiskilä

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Automaatio  
Insinööri(AMK)

KEMI 2013

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Efora Oyj:tä mahdollisuudesta tutkia ja suorittaa opinnäytetyötä Veitsiluodon paperikoneilta kevään 2013 aikana. Työn valvojanani on toiminut Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulun puolesta diplomi-insinööri Jaakko Etto, jolle haluan antaa kiitokset hänen antamistaan materiaaleista ja muusta teoriaan liittyvistä asioista. Kiitokset menevät myös kunnossapitoasentajille sekä käyttömiehille heidän antamastaan asiantuntemuksesta ja arvokkaasta tiedosta opinnäytetyöhön liittyvissä asioissa.

Erityiskiitokset haluan antaa opinnäytetyövalvojelleni luotettavuusinsinööri Mikko Haapaniemelle (Efora Oyj), sähköasentajalle Markku Jakunaholle (Efora Oyj) sekä automaatioinsinööri Harri Tikkalalle (Agnico-Eagle Finland) heidän antamistaan näkemyksistä ja neuvoista opinnäytetyön varrella.

Haluan kiittää myös perhettäni ja muita läheisiäni heidän antamastaan tuesta ja kannustuksesta opinnäytetyöni varrelta.

Kemissä

16.5.2013

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikan koulutusohjelma, automaatio
Opinnäytetyön tekijä:	Jani Kiiskilä
Opinnäytetyön nimi:	Sähkömoottoreiden kunnossapidon kehityssuunnitelma
Sivuja (joista liitesivuja):	147 (28)
Päiväys:	16.5.2012
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	DI Jaakko Etto, Ins. Matti Paaso Ins. Mikko Haapaniemi
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Efora Oy:lle kehitysehdotuksia sähkömoottoreiden kunnossapidon kehittämiseksi. Tehtävänä oli kartoittaa vuosien 2009 - 2012 aikana vikaantuneita sähkömoottoreita kaikkien Veitsiluodon paperikoneiden osalta ja selvittää, mitkä olivat yleisesti vikaantumisten syinä. Työssä oli tarkoitus perehtyä voitelun toteutukseen ja sen mahdolliseen yhteyteen sähkömoottoreiden vikaantumisiin paperikoneilla. Tutkimukseen sisältyi tarkastuspöytäkirjan laadinta asentajille sähkömoottoreiden asennuksiin liittyen.</p> <p>Työssä kartoitettiin syitä sähkömoottoreiden vikaantumisiin tutkimalla kunnossapidon vikaraportteja useista moottorikohteista. Kartoituksen suorittamisessa käytettiin tehdastietojärjestelmää (TIPS) sekä toiminnanohjausjärjestelmää (SAP). Kartoituksessa keskityttiin vain kriittisimpiin tuotannollisiin moottorikohteisiin, jotka rikkoutuessaan aiheuttavat erittäin merkittäviä tuotannollisia tappioita sekä ylimääräisiä seisokkeja.</p> <p>Opinnäytetyössä saatiin kerätyksi informaatiota sähkömoottoreista sekä niiden häiriötilanteista jokaiselta paperikonelinjalta vuosilta 2009 - 2012. Asentajille laadittiin tarkastuspöytäkirja sähkömoottoreiden asennuksia varten. Sen lisäksi yritykselle laadittiin kehitysehdotuksia moottorivaurioiden ehkäisemiseksi. Tutkimustuloksista luotiin dokumentaatiota moottoreiden vikaantumisista ja niiden pääasiallisista syistä. Kartoitus oli suuntaa antava ja sen avulla voidaan jatkossa ennakoida mahdolliset vikaantumiset ja häiriötilanteet poistamalla häiriötekijät prosessikohteista.</p>	
Asiasanat: sähkömoottori, vikaantuminen, tutkimus, kehityssuunnitelma, paperikone.	

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering, Automation
Author(s):	Jani Kiiskilä
Thesis title:	Maintenance and Development Plans of Electric Motor
Pages (of which appendixes):	147 (28)
Date:	16 May 2013
Thesis instructor(s):	Jaakko Etto, MSc. (tech.) Matti Paaso, Engineer. Mikko Haapaniemi, Engineer.
<p>The subject of this final project was to make development plans for Efora Oyj to improve the service and maintenance of electric motors. The main task was to study the failures and faults of all electric motors in every paper machine line in Veitsiluoto during 2009 - 2012. In addition, the object was to identify the most common causes for failures. The aim was to find out the realization of lubrication and how it is related to failures. The project also includes the test and inspection protocol to service personnel for the mounting of electric motors.</p> <p>The project was carried out by studying the fault reports from several electric motor installations. The project revealed some root causes of electric motor failures and the results were documented in this project. In future, these results can be used as a tool to prevent major failures and unexpected shutdowns.</p> <p>Production control systems (TIPS) as well as ERP system (SAP) were used to accomplish this project. The project focused on the most critical electric motors only which can cause extremely significant production losses and unexpected downtime.</p> <p>The information of electric motors and the causes of failures were collected from every paper machine line during 2009-2012. In addition, the company's service personnel were developed a test protocol for installation and testing of electric motors. This project also includes some development proposals to prevent electric motor failures.</p>	
Keywords: electric motor, failure, study, development plan, paper machine.	



## SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	2
TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 PAPERITEOLLISUUDESSA KÄYTETTÄVIÄ MOOTTOREITA .....	10
3 VIKAANTUMINEN .....	13
3.1 Vikaantuminen ja sen mallit.....	13
3.2 Vikaantumisten syyt ja niiden ehkäiseminen.....	16
4 PAPERIKONEIDEN MOOTTORIVAURIOIDEN KARTOITUS.....	22
4.1 Kartoittamisen työmenetelmät .....	22
4.2 Paperikone 1:n kartoitustulokset .....	29
4.3 Päällystyspaperikone 1:n kartoitustulokset.....	34
4.4 Paperikone 2:n kartoitustulokset .....	38
4.5 Paperikone 3:n kartoitustulokset .....	42
4.6 Paperikone 5:n kartoitustulokset .....	46
4.7 Päällystyspaperikone 5:n kartoitustulokset.....	50
4.8 Tulosten yhteenveto, analysointi ja johtopäätökset.....	55
5 MOOTTOREIDEN KUNNOSSAPITO .....	61
5.1 Voitelu osana kunnossapitoa.....	61
5.1.1 Voitelutapoja .....	64
5.1.2 Voiteluöljyt .....	64
5.1.3 Voitelurasvat .....	67
5.1.4 Kiinteät voiteluaineet.....	68
5.2 Voiteluun vaikuttavia tekijöitä.....	69
5.2.1 Siisteys ja järjestys.....	70
5.2.2 Kiinteät epäpuhtaudet .....	71
5.2.3 Vesi & ilma .....	73
5.2.4 Prosessikemikaalit .....	74
5.2.5 Liuottimet, mikrobit ja voiteluaineiden säilyttäminen.....	75
5.2.6 Lisäaineet .....	79

5.2.7	Koneenelimet, kuormitusolosuhteet ja lämpötila .....	81
5.3	Käsirasvaaja .....	82
5.4	Voiteluhuolto.....	87
5.5	Kunnonvalvonnan mittaukset.....	89
5.6	Mekaaninen kunnossapito.....	90
5.7	Käyttöhenkilöstö.....	91
6	TARKASTUSPÖYTÄKIRJAN LAADINTA MOOTTORIN ASENTAJILLE ....	94
6.1	Lähtökohdat.....	94
6.2	Pöytäkirjojen hyödyllisyys.....	94
6.3	Pöytäkirja ja sen täyttäminen .....	95
7	KEHITYSEHDOTUKSIA .....	97
7.1	Organisaation kehittäminen .....	97
7.2	Siisteys ja järjestys.....	99
7.3	SAP – järjestelmä .....	103
7.4	Toimenpide ehdotuksia moottoreiden osalta .....	103
7.5	Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen .....	106
7.6	Raportointien merkitys rikkoutuneiden moottoreiden osalta.....	107
7.7	Parempien hyötysuhdemoottorikäyttöjen lisääminen aiempiin kohteisiin ....	109
7.8	Moottoreiden varastointi ja kuljetus .....	110
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	114
	LÄHTEET .....	116
	LIITTEET.....	118

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AC	Alternative Current = Vaihtovirta
DC	Direct Current = Tasavirta
EH	Ennakkohuolto
IE	International Efficiency = hyötysuhdeluokitus
NET	Nollaenergiatila
PK	Paperikone
PPK	Päällystyspaperikone
RCM	Realibility Centered Maintance = Luotettavuuskeskeinen kunnossapito
SAP	Systems, Applications, and Products in Data Processing (tietojenkäsittelyn järjestelmät, sovellukset ja tuotteet) ns. Toiminnanohjausjärjestelmä
SK	Superkalanteri
SPM	Shock Pulse Method = Iskusysäysmittaus
SRCM	Streamlined Realibility Centered Maintance (kevennetty versio luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta)
TIPS	Tehdastietojärjestelmä
TPM	Total Productive Maintance (kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito)
UR	Uudelleenrullain
VR	Välirullain

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kehitysehdotuksia siitä, miten tulevaisuudessa moottorivaurioita voidaan ehkäistä aiempaa paremmin Veitsiluodon paperikonelinjoilla. Opinnäytetyön aihe saatiin Efora Oy:n toivomuksesta kartoittaa sähkömoottorikohteiden vikaantumisiin johtaneita syitä paperikonelinjoilla ja etsiä niitä keinoja, joiden avulla moottorikohteille voitaisiin lisätä käyttövarmuutta.

Nykyään kunnossapito on pitkälti laitteiden välitöntä korjaamista ja yleisten ennakko-huoltojen suorittamista eri käyttökohteisiin. Erilaiset analyysit, kartoitukset ja juurisyiden etsimiset vikaantumisista jäävät selkeästi vähemmälle ajanpuutteen, resurssipulan ja muiden tekijöiden vuoksi. Kartoituksilla ja vikaantumisten tutkimisilla päästään näkemään vikaantumiskokonaisuutta ja sen perinpohjaisilla analyyseillä voidaan löytää niitä yhtenäisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi kohteiden vikaantumisiin ja niiden syntymiseen.

Työn pääasiallisena tehtävänä on tehdä kartoitus sähkömoottorikohteiden vikaantumisiin johtaneista syistä jokaiselle Veitsiluodon paperikonelinjalle 2009 - 2012 väliseltä ajalta. Työssä tarkastellaan voiteluun liittyviä tekijöitä, perehdytään tehtaan omaan kunnossapitoon moottoreiden osalta, laaditaan tarkastuspöytäkirja asentajille moottorin vaihtoihin liittyen ja tuodaan esille kehitysehdotuksia moottorikohteiden luotettavuuden lisäämiseksi.

Efora Oy on ABB:n ja Stora Enson kunnossapidon yhteisyritys. Stora Enso omistaa yhtiöstä 51 % ja ABB 49 %. ABB hallinnoi yhtiötä soveltaen globaalia ABB Full Service® -konseptiaan. Tämä yhteisyritys tarjoaa toimintaansa Veitsiluodon, Oulun, Varkauden, Imatran, Uimaharjun ja Heinolan paperitehtailla. Sopimus koskee kunnossapitoa, suunnittelu- ja projektitoimintoja sekä teknistä ostoa, varastotoimintoja ja dokumenttien hallintaa. Efora Oy on toiminut kunnossapitoyrityksenä 1.1.2009 lähtien Veitsiluodon saarella. Ennen Eforaa paperikoneilla toimi kunnossapitoyritys Fortek Oy ja edelleen sitä ennen Veitsiluodon oma kunnossapito. Henkilöstö on pysynyt pääsääntöisesti samana eri kunnossapitoyritysten aikana. (Eforan www-sivut 2013, hakupäivä 28.2.2013)

*”Efora Oy on kunnossapito- ja Engineering -palveluihin erikoistunut yritys, joka on teollisuuden tuotantolinjojen elinkaaren hallinnan, tuotantotehokkuuden, häiriöttömän käynnin turvaamisen ja kehittämisen osaaja. Yhtiön toiminta perustuu laajaan teollisuusprosessien tuntemukseen, asiakaslähtöiseen, laatu- ja kustannustietoiseen palveluun sekä pitkäaikaiseen kokemukseen teollisuuden investointien projektoinnista. (Eforan www-sivut 2013, Intranet, hakupäivä 28.2.2013)*

*Eforan tavoitteena on olla energinen ja uudistava metsäteollisuuden tehokkuuskumppani, jonka osaajat kehittävät toimialan ABB Full Service® -konseptia maailmanlaajuisesti. Yhteisyrityksen toiminnan perustana on Stora Enson ja ABB:n kumppanuusperiaatteella tekemä pitkäjänteinen yhteistyö. Stora Enson kannalta keskeisimmät hyödyt tulevat kustannustehokkaasta kunnossapidosta, teknisten häiriöiden vähentämisestä, tuotantotehokkuuden jatkuvasta parantamisesta sekä omaisuuden arvon säilyttämisestä. ” (Eforan www-sivut 2013, Intranet, hakupäivä 28.2.2013)*

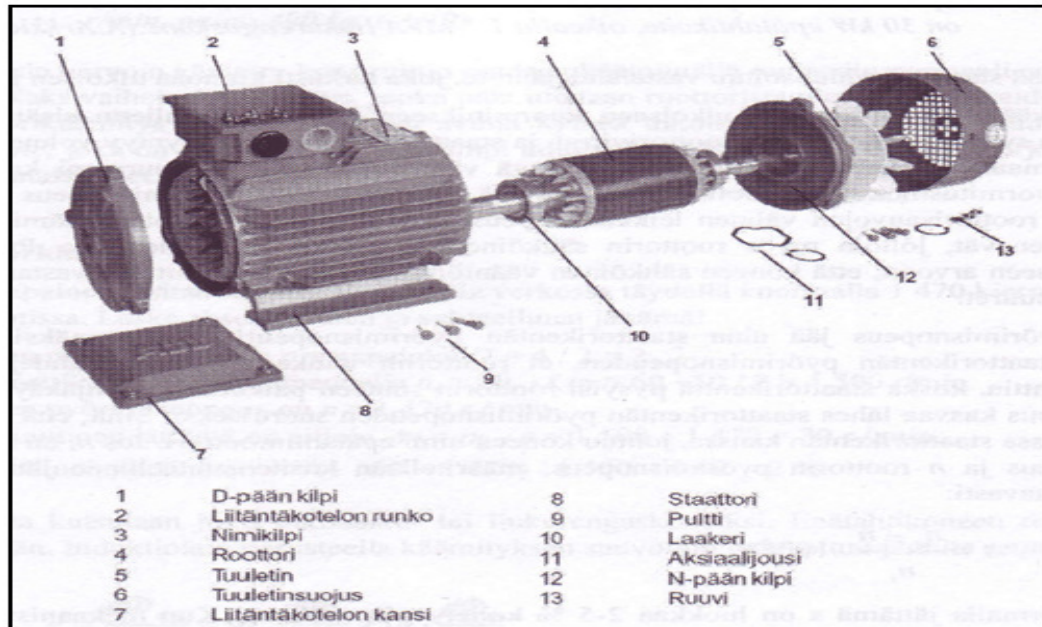
## 2 PAPERITEOLLISUUDESSA KÄYTETTÄVIÄ MOOTTOREITA

Sähkömoottori on kone, joka tuottaa mekaanista voimaa tai vääntömomenttia erilaisten energioiden, kuten kemiallisen, lämmön, sähköisen tai paineen avulla. Paperiteollisuudessa käytettävät moottorit ovat pääsääntöisesti sähköenergialla toimivia moottoreita, joissa sähköenergia muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottoreissa luodaan kelalle käärittyjen johtimien eli käämien väliseseen magneitoituvaan metalliin sähköä avulla magneettikenttä, jonka napaisuutta sopivalla taajuudella vaihtelemalla moottori saadaan pyörimään.

Paperiteollisuudessa on käytössä suoraa-, taajuusmuuttaja-, pehmo ja suunnanvaihtokäyttöjä. Moottoripiirien komponenttien valinnassa vaikein valinta tapahtuu yleensä moottorin osalta. Se puolestaan johtuu siitä, että sovelluskohteissa moottorin vääntömomentit sekä nopeudet voivat muuttua suurellakin alueella. Paperikoneilla, pituusleikkureilla, päällystyskoneilla, kalantereilla ja rullaimilla on olemassa paljon moottorikohteita, joissa moottoria pyöritetään hyvin usein alueella, jossa moottorin toiminta-arvot poikkeavat nimellisestä. Moottoria saatetaan prosessin alussa pyörittää moottorille sallitulla maksiminopeudella ja prosessin lopussa pyörimisnopeus voi olla vain kolmasosan moottorin nimellisuudesta. Sen lisäksi moottorilta tarvittava vääntömomentti voi muuttua ajojakson aikana. Esimerkiksi rullaimien tapauksissa tarvittava vääntömomentti kasvaa pyörimisnopeuden pienentyessä, jolloin itsetuulettavien moottoreiden jäähdytys heikkenee. Tämä johtuu siitä, että moottorin jäähdytyskyky on suoraan riippuvainen moottorin pyörimisnopeudesta. Vierastuuletteisella moottorilla jäähdytyksen heikkenemistä ei tapahdu niin merkittävästi, koska tällöin jäähdytyskyky itsessään riippuu itse moottorin pyörimisnopeudesta vain hieman. (Leppä 2003, 7, 8)

Paperiteollisuudessa käytetään nykyään pääasiallisesti epätahti- eli oikosulkumoottoreita. Kuvassa 1 on esitetty oikosulkumoottorin räjäytyskuva. Oikosulkumoottoreiden parimaisuus erilaisissa käyttösovelluksissa on johtanut niiden erinomaiseen suosioon. Sen lisäksi oikosulkumoottorin rakenne on ihanteellinen, koska siinä ei ole kuin ainoastaan yksi liikkuva osa eli pyörivä roottori. Tulevaisuudessa kestopagneettitahtikoneiden käyttö voidaan sanoa yleistävän paperiteollisuuden keskuudessa, etenkin linjakäyttöjen osalla. Kestomagneettitahtikoneiden käytön yleistymisen johtuu sen uusista moottorirakenteista. Se tulee jatkossa mahdollistamaan teknistaloudellisesti kannattavan ratkaisun paperiteollisuudessa ilman mekaanista vaihdetta. Mekaanisen vaihteen poistumisen seu-

rauksen käyttökohteen huoltotarpeet vähenevät, säädettävyys paranee entisestään, tilaa säästetään ja käyttövarmuutta saadaan lisättyä olennaisesti. Aiemmin kestopagneettitah-  
tikoneita on käytetty esimerkiksi servokäytöissä, mutta nykyisin kestopagneettitah-  
tikoneiden sovellusalueet ovat laajentuneet mm. paperiteollisuuteen, tuulivoimaloihin  
sekä laivakäyttöihin. (Leppä 2003, 7, 8)



**Kuva 1 Oikosulkumoottorin räjäytyskuva (ABB, AC drives Tecnical Guide Book, hakupäivä 14.3.2013)**



**Kuva 2 Sähkömoottori pumppukäytössä**



**Kuva 3 Hiomon jauhinmottori, käyttöjännite 6 kV**

Paperiteollisuudessa käytettävät moottorit eroavat niiden syöttöjen, kokojen, ominaisuuksien, huollettavuuksien, hyötysuhteiden ja monen muun tekijän lisäksi toisistaan. Sähkömoottorit kattavat suuren osakokonaisuuden teollisuuden käyttämistä komponenteista. Kuvista 2 ja 3 nähdään, että kyseessä on täysin erilaiset moottorikohteet paperitehtaalla.



### 3 VIKAANTUMINEN

#### 3.1 Vikaantuminen ja sen mallit

*”Vika (fault) on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa, pois lukien tilanne, jossa kohde on toimintakyvytön joko ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteen, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteen takia.”* (Järviö 2012, 67)

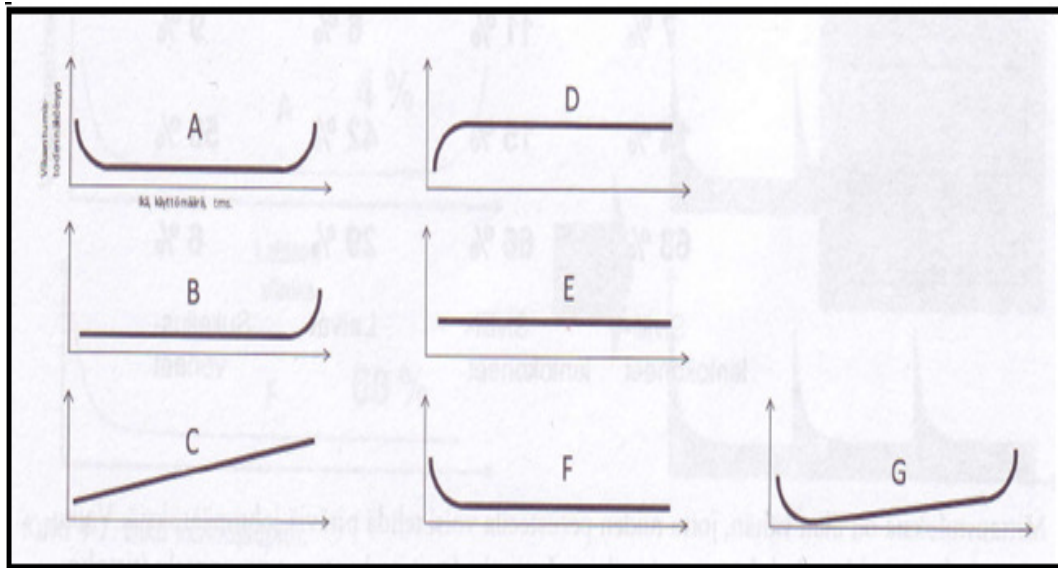
Jokainen laite on suunniteltu toimimaan ilman häiriöitä. Mikäli laite on suunniteltu ja valmistettu oikein, se on valmistettu oikeista materiaaleista ja sitä käytetään sekä ylläpidetään oikein ja oikeissa olosuhteissa, niin rikkoontumista ei pitäisi tapahtua. Teoriasahan tämä voisi pitää paikkansa, mutta käytännössä se on lähestulkoon mahdotonta. Vikaantumisiin vaikuttavat myös olennaisesti laitteen sisäiset, ulkoiset tai käyttötavan mukaiset tekijät. On hyvä tiedostaa, että minkään laitteen vika ei synny itseksensä, vaan jokaisella vialla on olemassaan oma syntymä- ja kehittymismekanisminsa. Vikatila itsessään on jo pitkän vikaantumiskehityksen viimeinen lenkki. (Järviö 2012, 72)

Vikaantumisen seurauksena on vika, joka voidaan edelleen jakaa häiriöön (disturbance) tai vaurioon (damage). Häiriössä kohde ei ole varsinaisesti rikki, mutta se aiheuttaa välittömän korjaustarpeen sekä mahdollisia tuotannonmenetyksiä. Häiriö korjataan tavallisesti palauttamalla toimintakyky esimerkiksi puhdistamalla, säätämällä tai vaikkapa uudelleen käynnistämällä (reset). Vaurion tapauksessa kohde on rikki. Se on seuraamuksiltaan samanlainen kuin häiriö, mutta se vaatii jo korjaavan kunnossapidon toimenpiteitä toimintakyvyn palauttamiseksi. (Järviö 2012, 67)

#### **Vikaantumismallit**

*”Vuonna 1978 Nolan ja Heap saivat valmiiksi vikaantumistutkimuksensa, joissa he löysivätkin kuusi toisistaan poikkeavaa vikaantumismallia. Kolme mallia perustui aikaan tai työjaksojen määrään. Loput kolme osoittivat, että vikaantuminen on satunnaista.”* (Järviö 2012, 77)

Kuvassa 4 olevat vikaantumismallit A, B, C ja G perustuvat ns. aikaan pohjautuvaan vikaantumiseen. Satunnaista vikaantumista kuvassa esittävät sen sijaan D, E ja F-mallit.



**Kuva 4 Vikaantumismallit (Järviö 2012, 77, Kunnossapito Tuotanto-omaisuuden hoitaminen)**

- Malli A koostuu korkeasta alkuviallisuudesta, siitä seuraavasta tasaisesta jaksosta ja eliniän lopussa hyvin voimakkaasta vikaantumisen kasvusta.
- Malli B muistuttaa A:n kaltaista vikaantumista, mutta siinä ei esiinny alkuviallisuutta laisinkaan.
- Mallissa C vikaantuminen on tasaisesti kasvavaa.
- Mallissa D alussa vikaantuminen on vähäistä, mutta se nousee nopeasti tietyllä vikaantumistasolle, jossa se säilyy.
- Mallissa E vikaantuminen on samankaltaista koko sen eliniän ajan.
- Mallissa F esiintyy aluksi alkuvikaantumista, mutta niiden jälkeen vikaantuminen asettuu vakiotasolle pysyen siinä eliniän loppuun asti. (Järviö 2012, 77)

Järviön mukaan laakereiden luotettavuus on mallin E-mukaista. Ruotsalainen yritys SKF on tutkinut laakereiden vaurioitumisia. Syinä ovat: 16 % asennusvirheet, 36 % puutteellinen voitelu, 14 % epäpuhtaudet ja 34 % muu syy, joka sisältää epätasapainot, irronneet osat ja normaalin väsymisen. Normaalista väsymistä lukuunottamatta, mikään aiemmin luetelluista syistä ei ole ajasta riippuva. (Järviö 2012, 77)

*”Moubrayn mukaan (Moubray vertaa UAL:n tuloksiin) teollisuudessa esiintyvistä vioista noin 80 % on mallien D, E ja F mukaisia. Lopuista vikaantumisista, jotka voidaan ennustaa, puolet on sellaisia, että ennakoivien menetelmien käyttö ei ole mielekästä. Ennakoivan kunnossapidon keinoin voidaan löytää vain noin 10 % vioista. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tuotantolaitoksen kunnossapitoa ei kannata suunnitella ennakoivan kunnossapidon menetelmien mukaisesti!” (Järviö 2012, 78)*

### **Varhainen vikaantuminen**

Varhaiset vikaantumiset johtuvat normaalisti huonolaatuisesta valmistusprosessista. Seuraavassa on lueteltuna yleisimmät syyt varhaisiin vikaantumisiin:

- huono suunnittelu
- materiaali- tai valmistusvirhe
- asennusvirhe
- virhe luovutuksessa
- huono ohjeistus tai dokumentaatio
- taitamaton tai väärä käyttötapa (= perehdyttäminen tai kouluttamisen puute)
- tarpeeton kunnossapito
- liian ”raju” kunnossapito (esimerkiksi tarpeettomat purkamiset toimintakunnon toteamiseksi)
- virheellinen työ. (Järviö 2012,76)

### **Aikaan pohjautuva vikaantuminen**

Aikaan pohjautuvaa vikaantumista on havaittu esiintyvän erityisesti yksinkertaisilla komponenteilla, jotka ovat suoraan erilaisissa kontakteissa tuotteiden tai materiaalien kanssa. Näitä ovat esimerkiksi pumppujen juoksupyörät, ruuvikuljettimet ja kitkapinnat. Vikaantumisten yhteydessä on havaittavissa rakenteiden väsymistä, korroosiota sekä mekaanista kulumista. (Järviö 2012, 79)

## Epänormaali vikaantuminen

*”Epänormaali vikaantuminen on tapahtuma, johon yleensä liittyy shokkikuormitus. Vaikutukset voidaan jakaa neljään luokkaan:*

- *vikasietoisuus putoaa alemmalle tasolle, esimerkiksi maanjäristyksen, törmäyksen tai tulipalon (kuumuus) rakenteelle aiheuttamat vauriot,*
- *vikasietoisuus putoaa hetkellisesti, mutta palautuu (plastiset materiaalit),*
- *shokki aiheuttaa kiihtyvän kulumisen (esimerkiksi laakeri, joka on päässyt likaantumaan ja näin ollen kuluu huomattavasti nopeammin kuin puhdas laakeri),*
- *konetta ei käytetä suunnitellulla tavalla. Esimerkiksi sähkömoottorin elinaika puoliintuu, kun ympäristön lämpötila nousee 10 astetta. Samankaltaisia ilmiöitä aiheuttavat käytön laatu, rasittavuus, sekä ympäristötekijät kuten kosteus, käyttöpaikan korkeus merenpinnasta ja ilman/työskentelytilan siisteys.” (Järviö 2012, 87)*

### 3.2 Vikaantumisten syyt ja niiden ehkäiseminen

#### Vikaantumissyyt

*”Vikaantumisen on perinteisesti ajateltu johtuvan laitteen huonosta suunnittelusta tai kestävydestä, eli tekniikoihin liittyvistä asioista. Näin ei kuitenkaan ole. Japanilaiset TPM:n kehittäjät ovat varsin perusteellisesti tutkineet vikaantumista. Heidän mukaansa vikaantumiselle on olemassa viisi pääsyytä:”*

##### 1.) Laitteita ei käytetä oikealla tavalla:

- Oikeita tapoja ei joko tunneta (ei ole ohjeistettu/vakioitu) tai suhtautuminen ei ole oikea.
- Työtä saatetaan jakaa periaatteella ”minä käytän- sinä korjaat”- ajattelutavan mukaisesti.
- Laitteiden käyttäjät kyllä havaitsevat virheet, mutta he eivät ryhdy toimenpiteisiin, koska laitteen käyttäjän toimeenkuvaan ei kuulu korjaaminen.

- Raportointi saattaa olla työlästä ja osaaminen kehnonpuoleista.
- 2.) Käyttäjien tai kunnossapitäjien ammattitaito on liian kapea:
- Keskitytään vain korjaamiseen.
  - Tarkastuksissa ei huomata oirehtivia vikoja, vian oireet tulkitaan väärin sekä laitetta käytetään ja kunnossapidetään jopa väärin.
  - Useimmiten väärinkäyttö on tahatonta, joten sitä on vaikea huomata.
- 3.) Laitteen ikääntymisen myötä esiintyvää toimintakyvyn heikkenemistä ei havaita tai korjata tai se hyväksytään:
- Toimintakyvyn muutokset sekä vähittäisvikaantuminen ovat vaikutuksiltaan hyvin pieniä ja muutokset selviävät vain vertailemalla.
- 4.) Laitteen käyttöolosuhteet eivät ole optimaaliset:
- Lika voi esimerkiksi aiheuttaa lämpenemistä tai pienentää liikeratoja ja ylimääräiset varastot tukkivat pääsyn tarkastuspisteiden luokse.
- 5.) Laitteen suunnittelu:
- Ei ole huomioitu riittävästi todellista käyttöä tai käyttöolosuhteita.
  - Laite on siirretty muualta, jolloin alkuperäinen käyttötarkoitus on muuttunut.
- (Järviö 2012, 81)

### **Oirehtivat viat**

Vioista tulee pääsääntöisesti oirehtivia kahdesta eri syystä: laitteisiin liittyvistä teknisistä ongelmista ja organisaation ongelmista. Nykyajan teollisuudessa on pitkälle kehittyneitä laitteita, jotka ovat tuoneet mukanaan myös vaativamman käytön ja huollon verrattuna entiseen. Toimintahäiriöiden havaitseminen on vaikeaa ja se vaatii koneenkäyttäjältä myös kunnossapidollista osaamista. On myös selvää, että varsin usein koneen todellinen käyttö poikkeaa siitä, mihin käyttötarkoitukseen ja käyttöolosuhteisiin kone on tarkoitettu. Lisäksi koneiden ajotavoissa voi olla hyvinkin paljon eroavaisuuksia käyttäjien kesken. Organisaatioissa on myös olemassa monia rakenteellisia syitä tehottomaan reagointiin oirehtivien vikojen aiheuttamia ongelmia vastaan. Monilla yrityksillä on selkeä työnjako käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön työtehtävien välillä. Vikatapauksissa myös käyttöhenkilöstön kokemus laitteistosta ja sen ajamisesta auttaa olennaisesti vikojen löytämisessä ja korjaamisprosessissa. Tämän vuoksi on hyvin tärkeää, että käynnissäpito-organisaation (käyttö- ja kunnossapito) kesken toimittaisiin yhteishengessä vikojen korjaamisen suhteen. (Järviö 2012, 82)

## Piilevät viat

Laitteiden häiriöt aiheuttavat vikaantumisia. Monet laiteviat johtuvat juuri näistä häiriöistä ja niin sanotuista piilevistä vioista. Piilevät viat ovat yleensä melko työläitä ja vaikeita havaita, mutta niiden havaitseminen ja korjaaminen voi vähentää vikaantumisia merkittävästi. Piileville vioille on tyypillistä niiden kroonisuus. Lisäksi ne ovat suurin yksittäinen syy rikoontumisiin, kun niihin ei puututa ajoissa. Juuri nämä ”piilevät viat” ajatellaan yleensä ominaisuuksiksi, eikä niinkään vioiksi. Esimerkiksi moottoreiden selittämätön nopeuden pieneneminen on jo yksi oire vikaantumiskierteessä. Yleensä vastaavanlaisissa tapauksissa ajatellaan, että ”ei sillä ole mitään merkitystä mihinkään”, mutta juuri näissä tapauksissa olisi tärkeää huomioida oire ja raportoida siitä, jottei oire pääse kehittymään varsinaiseksi viaksi. Raportoinnin merkitys korostuu kunnossapidon lisäksi myös käyttöhenkilökunnalta. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä paremmin eri osastojen välillä raportoinnit ja muut informaatiot mahdollisista vioista kulkevat puolin ja toisin, sitä paremmin laitteetkin toimivat. (Järviö 2012, 82)

Piilevät viat voivat olla joko fyysisesti tai psykologisesti piileviä. Ensimmäinen ja kaikista hankalin askel vikaantumisten eliminoinnissa on vikojen varsinainen tiedostaminen. Fyysisen piilevyyden voi aiheuttaa mm. puutteellinen tarkistaminen, huono layout-ratkaisu tai kokoonpano, joita on vaikea tarkistaa. Myös lika ja muut epäpuhtaudet vaikuttavat fyysiseen piilevyyteen. Psykologisen piilevyyden voi sen sijaan aiheuttaa se, että viat jätetään tietoisesti huomioon ottamatta, vaikka olisivatkin selkeästi nähtävissä (esimerkiksi lian annetaan kertyä moottorikohteiden ympärille, vaikka sen tiedetään olevan haitaksi moottorin toiminnalle). Myös ongelmien aliarvioinnit ovat tyypillisiä psykologisen piilevyyden tunnusmerkkejä. (Järviö 2012, 82)

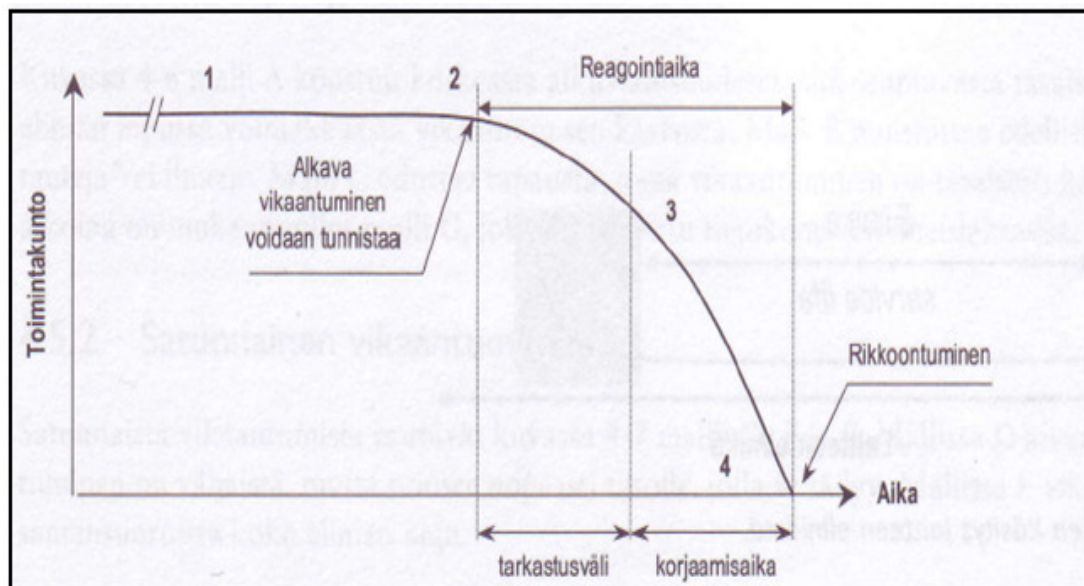
*”Vikojen eliminoimiseksi, eli paljastamiseksi ja korjaamiseksi, koneet tulee pysäyttää järkevin väliajoin tarkastusta ja kunnossapitoa varten. Tarkistuksien ja huollon vaatimat tuotantokatkokset ovat vaatimattoman pieniä verrattuna rikkoutuneiden koneiden korjausaikaan.”* (Järviö 2012, 83)

Piilevien vikojen paljastamiseen ja niiden tehokkaaseen hoitamiseen on annettu viisi välttämätöntä toimenpidettä:

- laitteiden toimitakunnon ylläpito (puhdistukset, voitelut, suuntaukset, liitosten kiristämiset)

- oikeiden käyttöolosuhteiden tarkka noudattaminen,
- laitteistojen toimintojen palauttaminen uutta vastaavaan kuntoon,
- suunnitteluun liittyvien heikkouksien korjaaminen,
- käyttö ja kunnossapitotaitojen parantaminen.

Kaikkia edellä mainittuja toimenpiteitä tulee toteuttaa tarkasti ja jokaista osa-aluetta tulisi pyrkiä kehittämään. Minkä tahansa edellä mainitun kohdan laiminlyöminen voi suoraan laukaista vikaantumistilanteen. Useamman kohdan laiminlyöminen voi jo aiheuttaa usein toimintahäiriöitä laitteessa joko epäsuorasti tai piilevästi. (Järviö 2012, 83)



**Kuva 5 Vikaantumisen eri vaiheet (Järviö 2012, 75, Kunnossapito Tuotanto-omaisuuden hoitaminen)**

Esimerkillinen toimintatapa vikaantumisen ehkäisemisessä voidaan toteuttaa seuraavanlaisella tavalla: yllä olevasta kuvasta 5 nähdään, että vikaantuminen voidaan jakaa selkeästi eri osiin. Ensimmäisessä (1.) vaiheessa vikaantumista ei ole vielä esiintynyt laitteistossa. Vika kehittyy ns. latenttina (lähinäoleva, näkymätön). Toisessa (2.) vaiheessa esimerkiksi ennakkohuolto kierroksella havaitusta muutoksesta raportoidaan ja kehittyvän vian ennalta ehkäisemiseen aletaan kiinnittää huomiota. Tässä vaiheessa vikaantuminen on kehittynyt oirehtivaksi viaksi, joka voi vaikuttaa kohteen toimintakykyyn, mutta se ei vielä välttämättä häiritse sitä merkittävästi. On syytä korostaa, että vian oirehtimisajat vaihtelevat mekanismista riippuen kymmenistä vuosista sekunnin murto

osiin. Kolmannessa (3.) vaiheessa käyttökohteen kuntoa mennään jälleen tarkastamaan (määräaikaaväli). Kyseiseen kohteeseen mentäessä huomataan, että laitteiston oirehtivasta viasta on jo aiemmin raportoitu. Tässä vaiheessa ennakkohuollon suorittaja voi nähdä, onko vika mahdollisesti kehittynyt ja onko syytä tehdä jo jatkotoimenpiteitä asian suhteen. Aiemman raportoinnin avulla voidaan edelleen kohdistaa tarkistustoimenpiteet vikaantumiskohteeseen paremmin. Jos vikaantuminen on edennyt samankaltaisesti ja riittävän hitaasti kuten aiemminkin, niin vian tunnistamiseen ja rikkoontumisen väliin jää riittävästi reagointiaikaa suunnitella korjaavia toimenpiteitä. Mikäli vikaantuminen on jo kuitenkin kehittynyt riittävän pitkälle, on syytä arvioida, milloin laitteiston tai viallisen komponentin vaihto voitaisiin suorittaa ja korjata mahdollisimman nopeasti. Vian oireiden raportoinnin merkitys korostuu edelleenkin, koska kaikista vikaantumisista pystytään löytämään noin 33 - 40 % vian oireiden perusteella. Kolmannen (3.) ja neljännen (4.) välinen aikajakso on aika, jolloin voidaan reagoida varsinaiseen vikaantumisen ehkäisemiseksi (korjausaika). (Järviö 2012, 75)

### **Vikaantumisten ehkäiseminen**

*”Brittiläinen TPM-asiantuntija Peter WiLLmott on projekteissaan havainnut seuraavaa):*

- *40 % vioista voidaan ehkäistä pitämällä koneen toimintaympäristö ja olosuhteet asianmukaisina.*
- *20 % vioista voidaan poistaa asianmukaisella, päivittäisellä tarkastuskäytännöllä sekä käyttämällä koneita oikein.*
- *25 % vioista voidaan ehkäistä toimivalla ennakkohuolto-ohjelmalla ja kunnonvalvonnalla.*
- *15 % vioista voidaan poistaa korjaamalla koneen rakenteita ja komponenttien luotettavuutta.”* (Järviö 2012, 92)

Terry Wiremannin mukaan myös energian kulutusta voidaan vähentää 6 – 11 % ja koneiden käyttöikää voidaan jatkaa 30 – 40 %, jos huolehditaan paikkojen siisteydestä ja järjestyksestä. Luvut ovat merkittäviä siihen nähden, mitä voidaan saada aikaiseksi pienilläkin toimenpiteillä koneiden käyttövarmuuden aikaansaamiseksi. (Järviö 2012, 94)



Kunnossapidon keskuuteen on kehitetty ajan saatossa lukemattomia määriä erilaisia toimintamalleja, joiden avulla luodaan pohja varsinaiselle kunnossapitostrategialle. Eri toimintamallien avulla pyritään luomaan kunkin mallien periaatteiden mukaisella tavalla toimiva kunnossapitostrategia. Seuraavassa on lueteltu toimintamalleja, joiden avulla voidaan ehkäistä vikaantumista:

- RCM
- TPM
- SRCM
- SIX SIGMA
- Asset Management.

Opinnäytetyössä ei perehdytty varsinaisiin toimintamalleihin sen tarkemmin, vaan pääasiallisena tarkoituksena oli tuoda esille eniten käytettyjä menetelmiä yrityksien kesken. Hyvän kunnossapidollisen toimivuuden takaamiseksi on tärkeää ymmärtää eri toimintamallimenetelmien keinoja ja niiden luonteenomaisia piirteitä. (Järviö 2012, 112, 284)

## 4 PAPERIKONEIDEN MOOTTORIVAURIOIDEN KARTOITUS

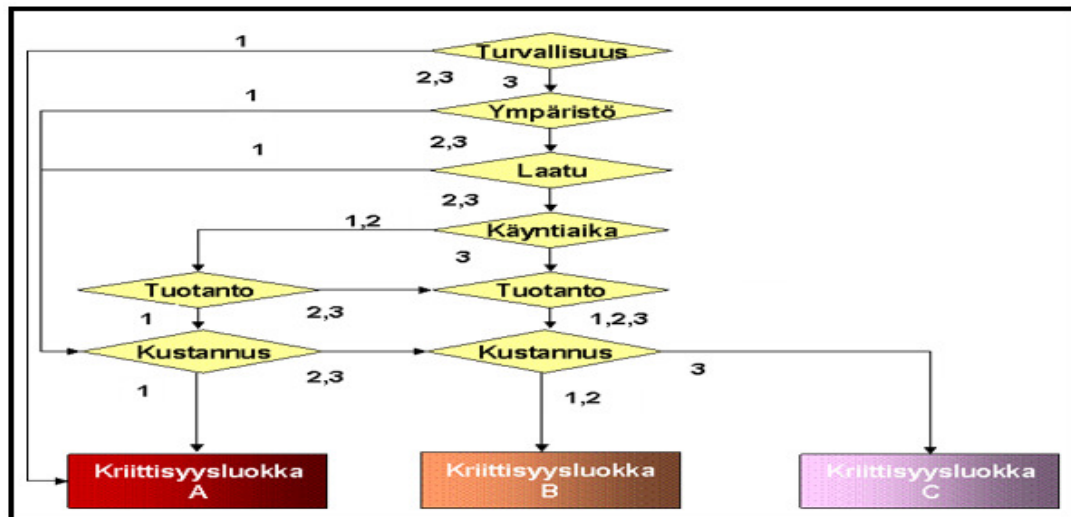
### 4.1 Kartoittamisen työmenetelmät

Moottorikartoitus suoritettiin Veitsiluodon paperitehtaalla tehdastietojärjestelmän (TIPS) sekä yleisen toiminnanohjausjärjestelmän (SAP) avulla. Kyseinen kartoitus suoritettiin jokaiselle paperikonelinjalle (PK 1, PPK 1, PK 2, PK 3, PK 5 & PPK 5) ja sen pääasiallisena tarkoituksena oli antaa informaatiota moottoripiireihin liittyvistä vika- ja toimenpideilmoituksista sekä moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneista syistä. SAP-järjestelmän mukaan sähkömoottorikohteita paperikonelinjoilla oli 4 448 kappaletta. Kartoituksessa päätettiin tarkastella kriittisyysluokan A ja B kohteita ja jättää luokan C sekä muut luokittelemattomat moottorikohteet kokonaan kartoittamatta. Sähkömoottorikäyttöjä joita varsinaisessa kartoituksessa huomioitiin, oli lopulta 1916 kappaletta. Kartoitus suoritettiin paperikoneilta 1.1.2009 - 31.12.2012 väliseltä ajanjaksolta.

Veitsiluodossa yleinen kriittisyysluokitusprosessi suoritetaan jokaiselle moottorikohteelle sekä laitteelle. Tämän luokituksen avulla kohteille voidaan suunnata voimavaroja, resursseja sekä ennakkohuoltoja niiden kriittisyystarpeiden mukaisesti. Luokitusprosessit tehdään tavallisesti Efora:n ja asiakkaan toimesta kuvan 6 mukaisen taulukon avulla. Tämä luokitusprosessi on systemaattinen menetelmä, jossa toimintopaikalle annetaan sille kuuluva kriittisyysluokkataso (A-suuri, B-keskitaso, C-pieni). Luokituksen avulla saadaan selville, mitkä laitteet ovat kriittisimpiä turvallisuuden, tuotannon tai kustannusten kannalta. Luokituksen laatimiseen vaikuttaa kuusi eri tekijää. Nämä tekijät ovat:

1. turvallisuus
2. ympäristö
3. laatu
4. käyntiaika
5. tuotanto
6. kustannukset. (Kriittisyysanalyysiohje, 2009, 1-4/11. Hakupäivä 12.1.2013)

*”Jokaiselle tekijöille tehdään arviointi: 1- merkittävä vaikutus, 2- keskitasoinen vaikutus tai 3- vähäinen vaikutus vikatilanteessa, ja vastaus määrittää loogisen puurakenteen avulla, kuuluko laite luokkaan A, B vai C.”* Seuraavassa on esitetty kuva, jonka mukaan kyseiset luokitukset suoritetaan mm. moottorikohteille: (Kriittisyysanalyysiohje, 2009, 1-4/11, hakupäivä 12.1.2013)

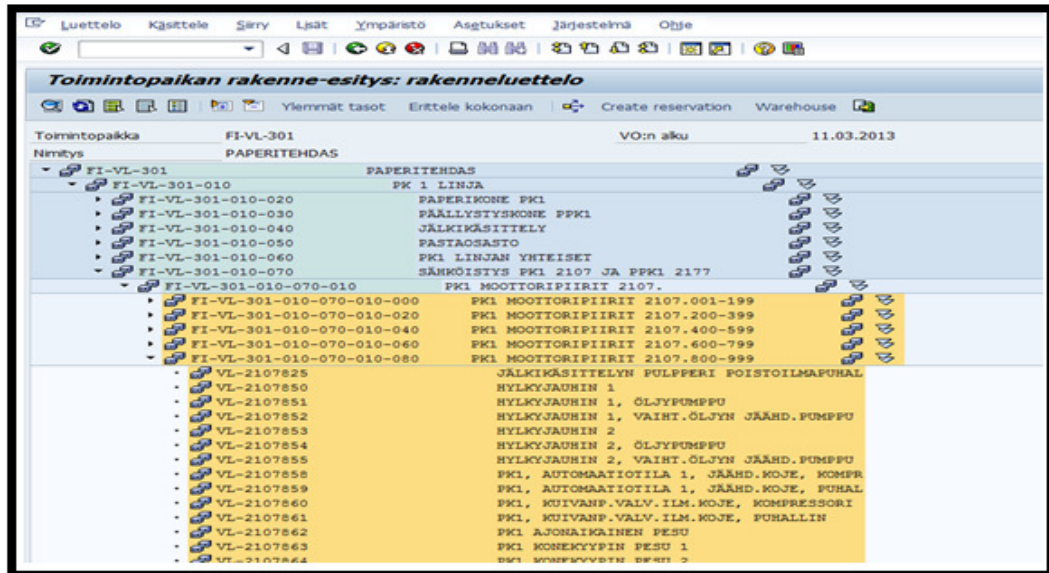


**Kuva 6 Kriittisyysluokitus taulukko (Kriittisyysanalyysiohje 2009, Efora Oy)**

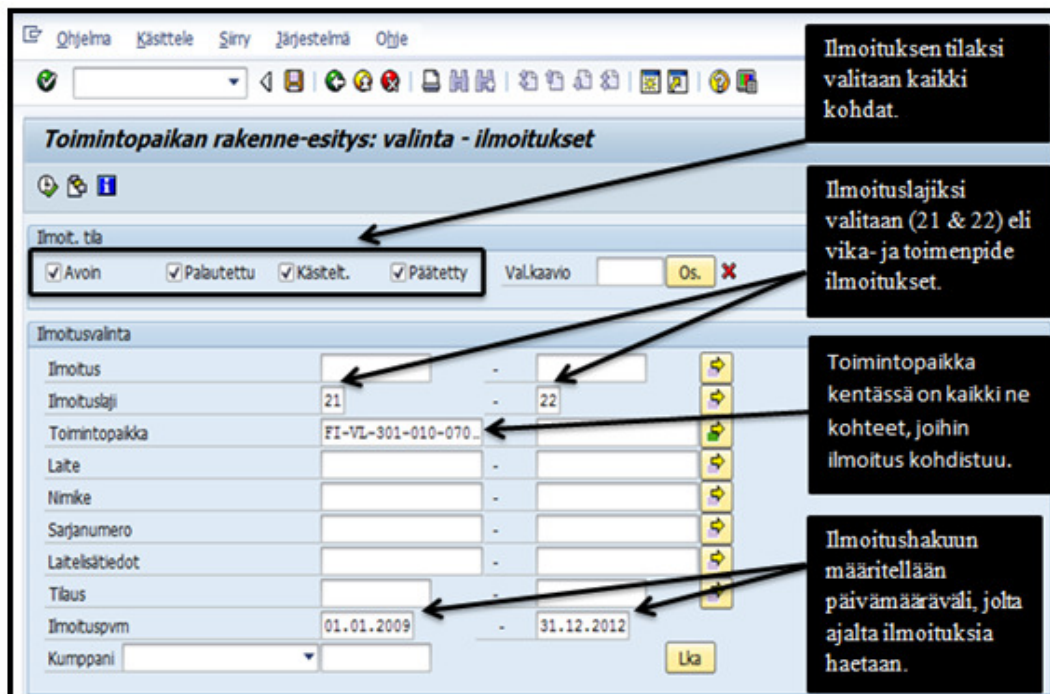
Veitsiluodossa käytetty toiminnanohjausjärjestelmä SAP:n lyhenne tulee sanoista (Systems, Applications, and Products in Data Processing – tietojenkäsittelyn järjestelmät, sovellukset ja tuotteet). SAP on järjestelmä, jota käytetään Veitsiluodossa kunnossapidon ja käyttöpuolen välisenä kommunikointiverkostona. SAP-järjestelmän pääasiallinen tarkoitus on ohjata toimintaa kaikilla tasoilla. SAP:n avulla on mahdollista luoda dataa, jota voidaan edelleen analysoida ja käyttää hyväksi mm. vikakorjauksissa. Myös seisokisuunnittelut, yleinen kunnossapitosuunnittelu sekä esim. kustannusten seuranta on olennaisen tärkeitä osa-alueita järjestelmän sisällä. Käyttöpuoli tekee tavallisesti vika- ja toimenpideilmoitukset SAP:iin ja kunnossapito saa niiden avulla työmääräimet suoritettavaksi. Lisäksi SAP:ssa on myös monia muita sovelluksia olemassa, joita hyödynnetään päivittäisessä kunnossapidossa ja muussa tiedonkeräämisessä. Yleisellä tasolla puhuttaessa kaikki toiminta kulkee SAP-järjestelmän kautta Veitsiluodossa. (SAP:n www-sivut 2013, hakupäivä 29.1.2013; Haapaniemi 2.5.2013, sähköpostiviesti)

Moottorikartoitusta lähdettiin tekemään aluksi SAP-järjestelmän avulla. Järjestelmästä ajettiin vuorollansa jokaisen paperikonelinjan moottorikohteista tehty vika- sekä toimenpideilmoitukset 2009 - 2012 väliseltä ajalta kuvien 7 ja 8 mukaisella tavalla. Tämän jälkeen kaikki ilmoitukset siirrettiin excel ohjelmistoon, jossa jokainen ilmoitus käytiin yksitellen läpi ilmoituksien perusluettelon avulla (kuva 9 ja 10). Samalla moottorin vikaantumiseen johtanut tekijä pyrittiin luokittelemaan omaan luokkaansa. Kun kaikki ilmoitukset oli käyty läpi, tehtiin erilaisia kuvaajia havainnollistamaan kartoituksesta saatuja informaatioita. SAP:sta ajettavien ilmoitusten osalta saatiin tietää määrällisesti

tehdyt ilmoitukset neljältä vuodelta, moottorihäiriöihin ja niiden toimimattomuuksiin johtaneet syyt, moottorikohteiden määrät sekä niiden kriittisyysluokkajakaumat. SAP-järjestelmästä poimittiin myös vika- ja toimenpide ilmoituksista kertyneet kokonaiskunnossapitokustannukset, jotka esitetään vain yrityksen sisällä, niiden sisältämän salassapitotiedon vuoksi.



Kuva 7 PK 1 moottorikohteen rajausta SAP järjestelmällä



Kuva 8 SAP ilmoitusten hakukenttä

Toimintopaikk	Toimintopaikan nimitys	ABC Laite	Syy	Selitys
VL-2177137	PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2	B	Laukeaminen (Ylivirta)	Ylikuorma
VL-2177483	3.AS. KONEKIERRON SIHTI 3	B	Laukeaminen (Ylivirta)	Ylikuorma
VL-2177362	1. ASEMA KONEKIERTOPUMPPU 2	B	Komponentin vaihto (kortti)	vaihdettu con 103-kortti
VL-2177137	PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2	B	Muu syy	tarkistusta
VL-2177137	PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2	B	Muu syy	Kaapelin irroitusta
VL-2177137	PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2	B	Laakerivika	Laakerit rikki/kiilahihna uusittiin
VL-2177888	PT-VARASTOSILO PURKAUSRUIVI	B	VL_SY21093 Laukeaminen (Jumi)	Taajuusmuuttaja ilmoitti jumia
VL-2177275	PL13, ALUPAIHEPUHALLIN (IMUKUPIT)	B	Laukeaminen (Rele)	Rele laennut
VL-2177888	PT-VARASTOSILO PURKAUSRUIVI	B	Laukeaminen (Tukos)	Tukoksesta johtuva laukeaminen
VL-2177706	PPK 1 LEIUKUIVATIN 7#11 KORVAUSILMAPUH.	B	Laukeaminen (Rele)	Sulake palanut/uusi rele
VL-2177521	KAOLIININ VARASTOSÄILIÖN SEKOITIN	B	VL_SY21457 Laukeaminen (Tukos)	Kiinteämpi aine?
VL-2177888	PT-VARASTOSILO PURKAUSRUIVI	B	Laukeaminen (Tukos)	2x laukesi tamun "jumiin"
VL-2177728	PPK-1 4.ASEMA APLIKOINTITELA	B	Moottorin vaihto	epätavallinen ääni, laakeri?
VL-2177736	MUUNTAMO 105A JÄÄHD.PUH. 2	B	Komponentin vaihto (Moot.suoj.kytkin)	Vialliset komponentit
VL-2177311	PPK1, KUIVATUSRYHMÄ 3	B	Moottorin vaihto	Vaihdettu/rasvattu/kytkin kiritty
VL-2177239	PL13, MERKINTÄASEMA ( PYSTYLIKE )	B	Laukeaminen (Taajuusmuuttaja)	Laukeamisen syy?
VL-2177467	PPK1 REUNANAUHALEIKKURI KP	B	Laukeaminen (Rele)	kuitattiin
VL-2177521	KAOLIININ VARASTOSÄILIÖN SEKOITIN	B	Moottorin kytkentä	Kytchentä
VL-2177431	3. ASEMA JÄÄHDYTYSPPUMPPU	B	Laukeaminen (Rele)	Lämpörelle laennut
VL-2177181	PPK 1, KP-NOSTURI K3435 NOSTOMOOTTORI 1	A	Muu syy	Löysä liitos
VL-2177864	LEIUTILAN TUULETUSPUHALLIN 1	B	Syöttö (Varokkeet)	Sulake palanut/vaihdetojohto poikki
VL-2177301	PPK1, AUKIRULLAIN JARRUGENERAATTORI 1	B	Laakerivika	Laakerit rikki/Moottorin vaihto

Kuva 9 Kartoituskäytävä excel ohjelmistosta

Ilmoitusluettelo									
Ilmoitus		Ilmoitusluettelo		Pvm	11.03.2013	Sivu	1		
Kuvaus	Kuvaus	Ilmoituksen tila	Ilmoittaja	Työpiste	SR	SR	SR	SR	SR
Objektioosan kuvaus	Vahingon kuvaus	Prioriteettiteksti	Lajittelukenttä	Sykli	Yks.				
Syykoodin kuvaus	Syykoodin teksti	Vahingon teksti							
Ilm. lisätekstit	Partner name								
Asiakirja	Kuvaus								
302646523	,PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2					00.00.0000			
VL-2177137	PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2						311	X92J	PPK 1 LINJA
31000744722	,PPK1 LEIUKUIVAT. 1#6 POISTOILMAPUH. 2								
* 30.12.2012 06:58:19 Oiva Aukusti Mursu (MURSUOI)									
* POISTOPUHALIN LAUKESI YLIVIRASTA. KUITATTU.									
* PYÖRII TAAK, MUTTA ON YLIVIRASTA EDELLÄ.									
302646503	ppk-1 Baseman 3as kks3 ei pyöri					00.00.0000			
VL-2177483	3.AS. KONEKIERRON SIHTI 3						311	X92J	PPK 1 LINJA
31000744723	ppk-1 Baseman 3as kks3 ei pyöri								
* 30.12.2012 07:02:51 Oiva Aukusti Mursu (MURSUOI)									
* KUITATTU LAUKESI UUDELLAAN. KORTTI KUITATTU.									
302646240	2 konekiertopumppu valvontahäiriössä					00.00.0000			
VL-2177362	1. ASEMA KONEKIERTOPUMPPU 2						311	X92J	PPK 1 LINJA
31000744555	2 konekiertopumppu valvontahäiriössä								
* 28.12.2012 20:34:29 Seppo Johannes Heikura (HEIKUSE)									
* Konekiertopumpun taajuusmuuttaja hälyytti F19 virtamittausvika.									
Kuitattiin pois, kun startattiin tuli hälyytys startissa uudelleen. Tu									
= tkittu vikaa homma kesken									
* Ajavat nyt laseman 1 pumpulla									
* 29.12.2012 08:18:12 Leo-Pekka Papunen (PAPUNLE) Puh. 0407259243									
* Tutkittu vikaa ja vaihdettu CON 103 kortti, testaus jäi tekemättä, koska kone oli jo ajolla. Meinasivat testata seuraavassa katkossa.									
* 30.12.2012 07:52:02 Leo-Pekka Papunen (PAPUNLE) Puh. 0407259243									
* Pumppu on pyörimässä ja toimii. Homma OK.									
302645917	Puh.Mo.Voitelainesäiliön syöttäjä uusi moot					00.00.0000			

Kuva 10 Vika- ja toimenpideilmoitusten perusluetteloa SAP:sta

Kun kartoitus saatiin suoritetuksi SAP:n osalta, jatkettiin varsinaista kartoitusta TIPS:n avulla. Kuvasta 11 nähdään yleiskuvaa siitä, minkä linkin alta kartoitusta lähdettiin suorittamaan. Kuva 12 puolestaan esittää TIPS-kartoituksen hakukenttänäkymää. Kyseisessä hakukentässä hakua rajattiin mm. päivämäärän, konelinjojen, vikatyypin sekä halutun aikanäkymän mukaisesti. TIPS-järjestelmän avulla saatiin lopulta tietää, kuinka paljon aikaa käytettiin moottorikohteiden korjausten osalta sekä niiden aiheuttamien korjaustoimenpiteiden syyt, jonka seurauksesta konelinjat seisoivat. TIPS-järjestelmän avulla saatiin siis tuotua esiin tuotannolliset aikatappiot, jotka johtuivat moottoreiden toimimattomuuksista. TIPS-järjestelmän avulla suoritettiin kaiken kaikkiaan kolme erilaista kartoitusta. Kartoitukset suoritettiin seuraavanlaisista kategorioista:

- katkot/seisokit (BREAK)
- häiriöseisokit (UNPLANNED)
- force majeure (EXTERNAL).

Kartoitus suoritettiin vastaavalle ajanjaksolle, kuin SAP:n tapauksessakin. TIPS-kartoituksessa haku rajattiin sähkövikoihin ja edelleen kartoituksen sanahakua rajattiin ”moott” haulla, jolloin päästiin paremmin käsiksi moottoreihin liittyviin ilmoituksiin. Jokaisen kartoituksen osalta kaikki vikaantumismäärät laskettiin lopulta yhteen ja niiden aiheuttamat ajalliset tappiot luokiteltiin vikaantumisten mukaisesti. Saatujen tulosten perusteella laadittiin taulukoita, joista vikaantumistiedot on luettavissa paremmin.



**TIPS WebReport**

Kaikki raportit	Viimeisimmät	Omat raportit
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Logistiikka</li> <li>+ TIPS - QA</li> <li>+ Tilaukset</li> <li>+ Tuotannonsuunnittelu</li> <li>+ Tuotanto</li> <li>+ Varasto</li> <li>+ XVanhhat tuotannon raportit vuosilta 2004-25.05.2009</li> </ul>	<p><u>Rullat</u> 09.04.2013 13:43 Viimeisen vuoden aikana pakatut rullat</p> <p><u>Paperitehtaan tuotanto</u> 09.04.2013 12:33 Tuotantoraportti paperikoneittain, kk ja vuosi data kumuloinnista</p> <p><u>Katkot ja seisokit</u> 09.04.2013 09:09 katkot ja seisokit list-raportti</p> <p><u>Konerulla- ja rullahylt</u> 08.04.2013 12:08 Konerulla- ja rullahylt list-raportti</p> <p><u>Paperikoneiden tuotanto</u> 07.04.2013 22:30 Paperitehtaan tuotannon list-raportti</p> <p><u>Tilaukanta (PPV)</u> 06.04.2013 07:33</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Ajastukset</li> <li>+ PK1 tuotanto</li> <li>+ Rullatilaukset</li> <li>+ TCS</li> <li>+ Tilaukset</li> <li>+ Tilaukanta</li> <li>+ Tuotanto</li> <li>+ Varasto</li> <li>+ Varastoerät</li> <li>+ Vuoromestari/Leikkuri PK5</li> <li>+ tilkanta</li> </ul>

Kuva 11 TIPS kartoituksen hakupolku

**Tuotanto / Katkot ja seisokit**

**Tähtäin etusivulle**

☐ Avaa raportti ☐ Huomioi arkistoidut ☐ Näytä suuttajat ☐ Debugga raportti

**Alku pvm** 01.01.2009 **Loppu pvm** 31.12.2012

**Kone**

- Uudelleenrullan 2/3 - UR3
- Uudelleenrullan 1/5 - UR5
- Valurullan 11 - VR11
- Valurullan 12 - VR12
- Valurullan 51 - VRS1
- Valurullan 52 - VRS2

**Katko / Seisokki**

Seisokki - SHUTDOWN

**Katko ja seisokit**

**Vuoro**

- Aamuvuoro - A
- Iltavuoro - I
- Yövuoro - Y

**Miehistö**

- Ei miehistöä - -
- 1-vuoro - 1
- 2-vuoro - 2
- 3-vuoro - 3
- 4-vuoro - 4
- 5-vuoro - 5

**Syyryhmä**

- Ulkoiset seisokki - EXTERNAL
- Investointiseisokki - INVEST
- Suunnitellut seisokit - PLANNED
- Arkkimaton seisokki - SHEET
- TES-seisokki - TES
- Harjoituseisokki - UNPLANNED

**Syy**

- Häikepula, sähkövika - 0392
- Sellupula, automaattivika - 0400
- Sellupula, mekaaninen vika - 0401
- Sellupula, sähkövika - 0402
- Tietoliikennevika - 0420
- Tietojärjestelmävika - 0421

**Ryhmittelykentät**

Katko paikka  
Lajikoodi  
Laji  
Kuukausi

**Arvokentät**

Kpl  
Minuuttina

**Kone**

Komentti  
Seisokki/Katko  
Konesektio

**Tunteina**

**Valitaan halutut päivämäärät**

**Valitaan kartoitettavat kohteet**

**Valitaan katko/seisokki tai molemmat**

**Kaikki työvuorot**

**Valitaan syyryhmä**

**Valitaan kaikki "sähkövika" kohdat**

**Valitaan kartoituksen halutut ajat (tunteina)**

Kuva 12 TIPS kartoitushakua

Kartoituksissa viat kategorioitiin 21 eri luokkaan, jotka on esitetty taulukossa 1.

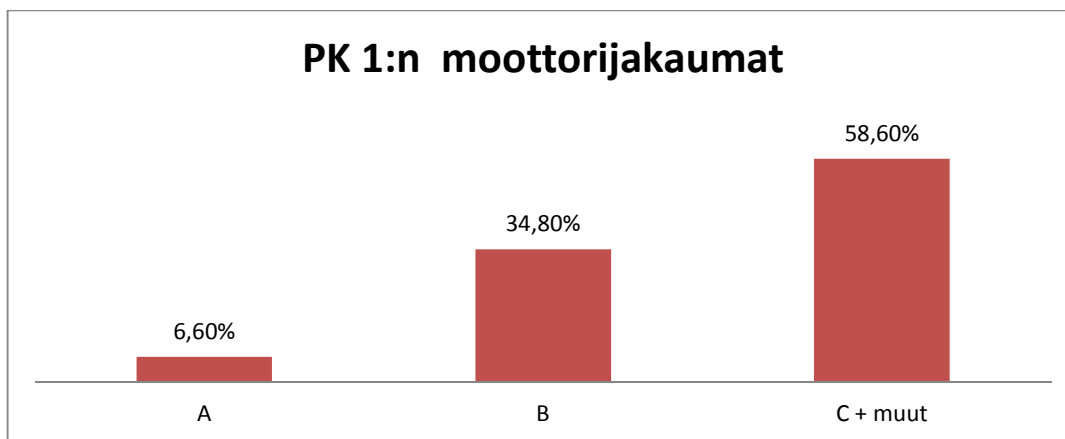
**Taulukko 1 Kartoituksen kategorialuokat**

<b>Asennus</b>	Liittyi kaikki kentällä suoritettavat kytkennät, asennukset sekä pienet korjaukset.
<b>Asennusvirhe</b>	Luokiteltiin kaikki ne tapaukset, joissa moottorikohteen toimimattomuuden aiheutti virheellinen asennus.
<b>Huolto</b>	Luokiteltiin kaikenlaiset huoltotoimenpiteet, joita suoritettiin moottorikohteille.
<b>Jäähdytys</b>	Luokiteltiin kaikki moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät, jotka liittyivät jäähdytykseen.
<b>Kaapelivika</b>	Käsitti kaikki kaapeleihin liittyvät toimenpiteet (korjaukset, jatkot, kaapelin irtoamiset).
<b>Komponentti rikki</b>	Sisälsi pääsääntöisesti kaikki ne komponentit, jotka rikkoutumisen seurauksena myös vaihdettiin. Komponentin rikkoutuminen häiritsi tai esti kokonaan moottorin normaalin toiminnan.
<b>Käyttövirhe</b>	Käyttömiehen tai kunnossapitäjän tekemä inhimillinen erehdys, joka johti moottorikohteen toimimattomuuteen.
<b>Käämivika</b>	Luokiteltiin kaikki käämeihin liittyvät viat.
<b>Laakerivika</b>	Laakerivikoihin kategorioitiin kaikki laakerointiin liittyvät viat.
<b>Laukeaminen</b>	Luokiteltiin kaikenlaiset laukeamiset sekä pysähtymiset moottorikohteiden osalta, joko lämpöreleen tai taajuusmuuttajan toimesta.
<b>Moottorin vaihto</b>	Luokiteltiin ainoastaan sellaiset moottorinvaihdot, joissa vaihdon syy jäi epäselväksi.
<b>Muu syy</b>	Luokiteltiin kaikki sellaiset vikatapaukset, joita ei voitu luokitella muihin kategorioihin. Muu syy kategoria luokitukseen sisällytettiin myös kaikki ne tapaukset, joissa vikasyy jäi lopulta epäselväksi.
<b>Ohjauspuoli</b>	Käsitti kaikki ohjauspuolelle liittyvät vikaantumiset.
<b>Ohjelma</b>	Sisälsi kaikki ohjelmointiin liittyvät asiat (Ohjelman muutokset/korjaukset, trendien lisäämiset/hälytysrajojen muuttamiset/poistamiset).
<b>Parametrointi</b>	Luokiteltiin kaikenlaiset muutokset, korjaamiset ja päivitykset taajuusmuuttajien osalta.
<b>Prosessihäiriö</b>	Sisälsi kaikki prosessikohteeseen liittyvät ongelmat (tukokset, liat, esteet ym.)
<b>Rajavika</b>	Luokiteltiin kaikki ne tapaukset, jotka liittyivät rajoihin, niiden säätämisiin, korjauksiin tai vaihtoihin.
<b>Syöttö</b>	Luokiteltiin varokkeiden palamiset tai syöttöön liittyvät puutteellisuudet sekä muut ongelmat.
<b>Sähkömoottori paloi</b>	Käsitti kaikki ne tapaukset, joissa moottori oli erinäisistä syistä johtuen palanut.
<b>Tarkistus</b>	Luokiteltiin kaikki suoritettavat tarkistustoimenpiteet moottoreille.
<b>Voitelu</b>	Voiteluun liittyvät viat liittyivät rotametrien hälytyksiin, liiasta tai liian vähäisestä voitelusta, lisävoitelusta tai voitelukomponenttien rikkoontumisista.



#### 4.2 Paperikone 1:n kartoitustulokset

Paperikone 1:llä olevia moottorikohteita oli SAP-järjestelmän mukaan yhteensä 557 kappaletta. Kun kartoituksesta huomioitiin ainoastaan A ja B kriittisyysluokan moottorikohteet, niin lopulliseen kartoitukseen jäi lopulta 231 kartoitettavaa moottorikohdetta tutkittavaksi.



**Kuva 13 Moottorijakaumat kriittisyysluokittain**

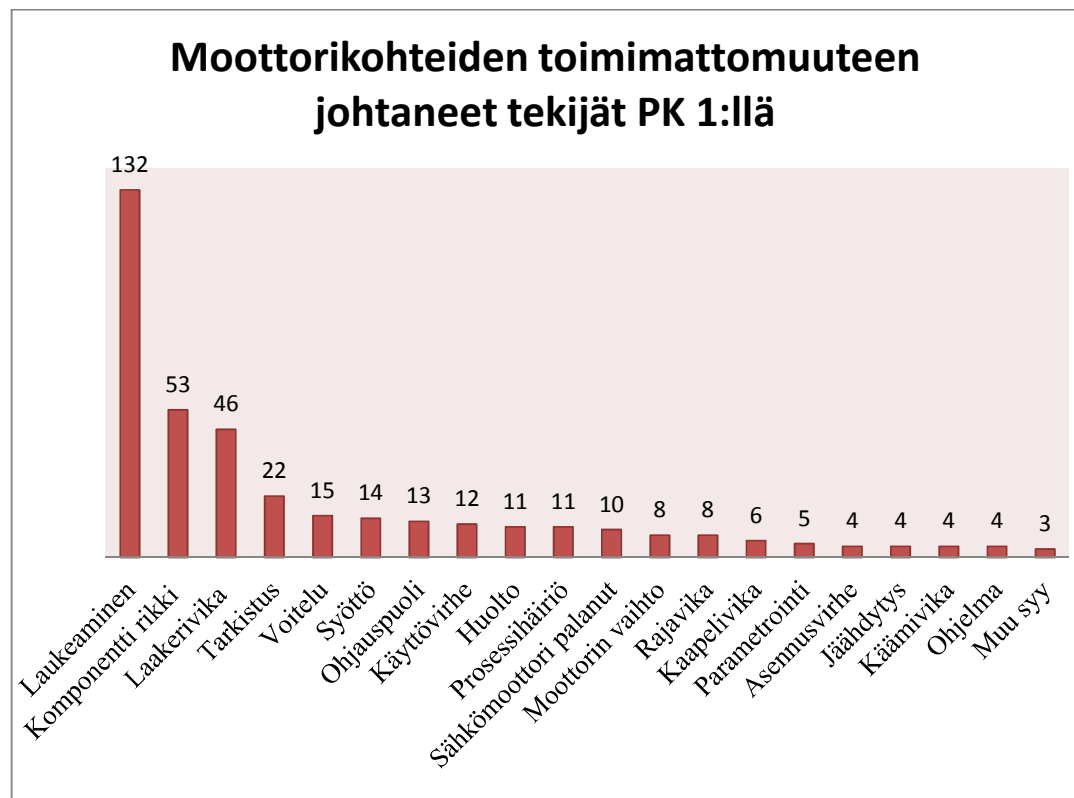
Vika- ja toimenpideilmoituksia tehtiin PK 1:n moottorikohteille 1.1.2009 - 31.12.2012 välisenä aikana yhteensä 404 kappaletta. Kartoituksen 404 ilmoituksesta voitiin huomioida lopulta 385 vika- ja toimenpideilmoitusta. Huomioimatta jääneet ilmoitukset (19 kpl), eivät sisältäneet minkäänlaisia kommentteja vikaantumisesta ja sen vuoksi ne päätettiin jättää kartoituksessa kokonaan huomioimatta. Kuvasta 13 nähdään PK 1:n moottorikohteiden jakaumat kriittisyysluokittain.

**Taulukko 2 PK 1:n ilmoitukset kuukausittain ja vuosittain**

Paperikone 1													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2009	9	6	6	12	9	9	11	8	15	9	12	10	116
2010	5	8	6	9	9	13	1	3	11	8	13	10	96
2011	3	3	8	7	9	7	5	14	5	4	1	11	77
2012	6	6	6	24	9	10	5	2	7	10	3	8	96
Yhteensä	23	23	26	52	36	39	22	27	38	31	29	39	385

Kartoituksen (Taulukko 2) mukaan ilmoituksia tehtiin eniten vuonna 2009, jolloin ilmoituksia laadittiin yhteensä 116 kappaletta. Selvityksen mukaan ilmoitukset vähenivät tasaisesti vuoteen 2011 mentäessä. Vuonna 2012 ilmoituksia laadittiin jälleen enemmän kuin vuonna 2011, mutta syynä tähän nousuun voidaan pitää huhtikuussa 2012 aikana suoritettut tarkistukset moottorikohteille, jotka nostivat ilmoitusten lopullista määrää. Tarkistukset pitivät sisällänsä pääasiassa ennakkohuoltoon liittyviä lämpökuvauksia moottorikohteiden syöttöön liittyen. Eniten työllistäneet kuukaudet ilmoituksien laatimisessa keskiarvollisesti olivat huhti-, kesä- ja joulukuu. Kartoituksen perusteella voidaan todeta, että ilmoitukset moottorikohteista ovat vähentyneet vuosi vuodelta tasaisesti, joten oikeita asioita on tehty moottorikohteiden toimimattomuuden ehkäisemiseksi. Keskimäärin PK 1:n konelinjalla tehtiin 8 vika- ja toimenpideilmoitusta yhtä kuukautta kohden.

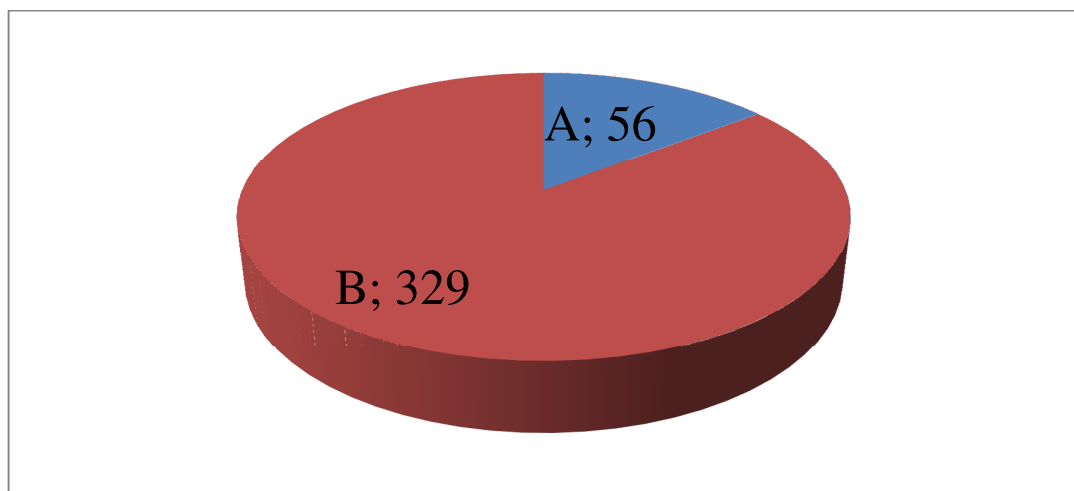
**Taulukko 3 Moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**



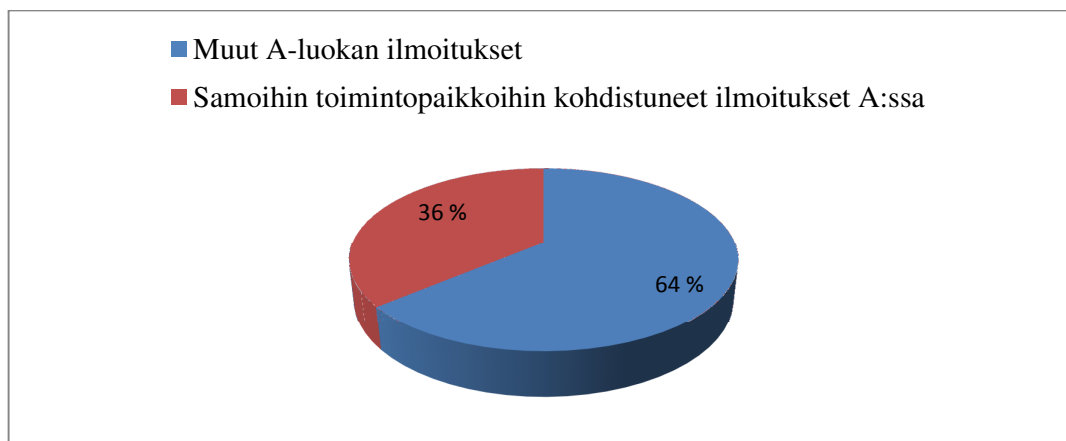
SAP:sta suoritettun kartoituksen mukaan (Taulukko 3) laukeaminen (lämpörele/taajuusmuuttaja) oli suurin yksittäinen tekijä, joka johti moottorikohteiden toimimattomuuteen. Valtaosan laukeamisista aiheuttivat seuraavat toimintopaikat: Atrex alempi käyttö (VL-2107004), PCC-kierrätyspumppu PK 1:lle (VL-2107004), 0-vesilinjan pai-

neensäätöpumppu (VL-2107100) sekä PK 1-hylkytornin jälkilaimennuspumppu (VL-2107613). Viimeinen luetelluista on aiheuttanut viime aikoina eniten moottorin laukeamisia. Kohteissa, joissa laukeamisia tapahtuu toistuvasti, olisi syytä perehtyä varsinaiseen laukeamisen aiheuttajaan tarkemmin ja pyrkiä selvittämään se tekijä, joka aiheuttaa toistuvat laukeamiset. Laukeaminen itsessään on oire varsinaisesta syystä (ylikuormitus, laitevika, väärä käyttötapa jne.) ja se on merkki siitä, että jokin ei toimi toivotulla tavalla moottorikohteessa.

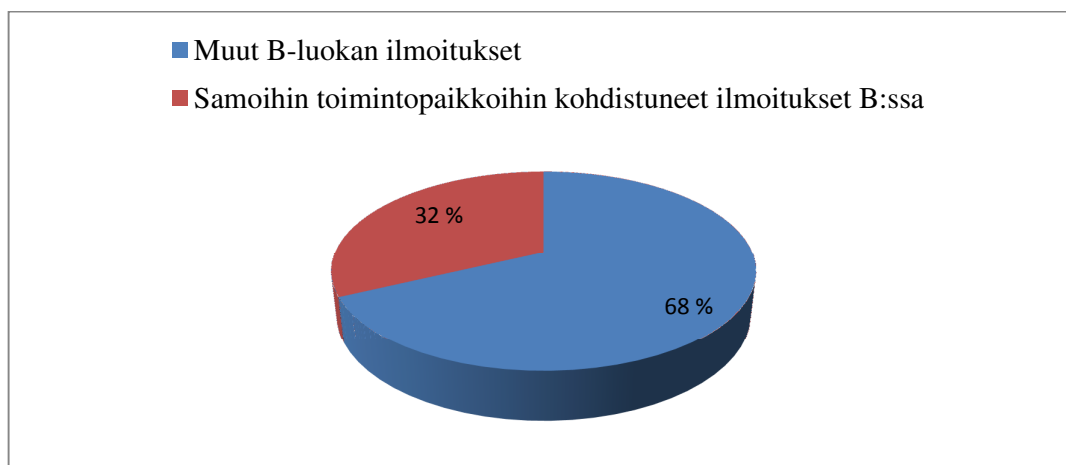
Laukeamisten jälkeen seuraavaksi yleisimmät moottorikohteiden toimimattomuuteen vaikuttaneet tekijät olivat komponenttien rikkoutuminen sekä laakeriviat. Komponentteja rikkoutui eniten 0-vesilinjan paineensäätöpumppu kohteessa, jossa varokkeita rikkoutui eniten. Kyseisessä toimintopaikassa varsinainen vika, joka johti toistuviin vikaantumistilanteisiin, aiheutui lopulta taajuusmuuttajasta. Turvakytkimet olivat myös tavanomaisin rikkoutunut komponentti PK 1:n alueella. Yleensä ilmoituksissa ilmeni turvakytkimien apukoskettimen rikkoutuminen tai turvakytkimen turvalukituskahvat olivat rikkoutuneet ulkoisesta osumasta tai sen väärinkäytön seurauksesta. Laakerivikoja esiintyi suoritettun kartoituksen mukaan kolmanneksi eniten kaikista. Huomioon otettavia käyttökohteita olivat mm. 4-kuivausryhmä (VL-2107779) sekä konekyppipumpun moottori (VL-2107023), joissa ilmeni useamman kerran laakerivikoja. Muut moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet syyt jakautuivat pääsääntöisesti kohtuullisen tasaisesti.



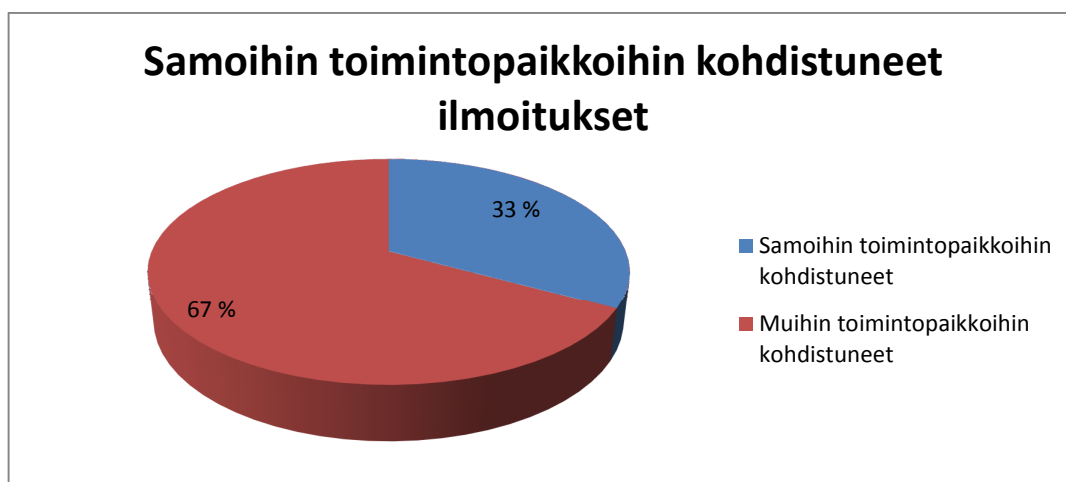
**Kuva 14 A ja B kriittisyysluokkien jakautuneisuus kaikista ilmoituksista**



**Kuva 15 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset A-luokassa**



**Kuva 16 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset B-luokassa**



**Kuva 17 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset kaikkien ilmoitusten osalta**

Kartoituksen mukaan 14.5 % (56kpl) kaikista ilmoituksista kohdistui A-kriittisyysluokan moottorikohteille ja loput 85.5 % (329kpl) B-kriittisyysluokan omaaville moottoreille (kuva 14). A-kriittisyysluokan 56 ilmoituksesta noin 36 % (20 kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 15). B-kriittisyysluokan 329 ilmoituksesta puolestaan noin 32 % (106kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 16). Kartoituksen mukaan PK 1:n toimintapaikoilta laadittiin kaiken kaikkiaan 385 kappaletta ilmoituksia. Näistä 128:aan (33 %) kohteeseen suoritettiin vähintään 2- ilmoitusta (kuva 17). Eniten ilmoituksia tehtiin 0-vesilinjan paineensäätöpumppuun liittyen (33 kpl eli noin 8.6 % kaikista ilmoituksista). Näissä valtaosa liittyi laukeamiseen ja komponenttien rikkoutumiseen. Laukeamisen ja komponenttien rikkoutumisen juurisyynä oli taajuusmuuttajavika. Toiseksi eniten ilmoituksia laadittiin ”Atrex alempi käyttö” (VL-2107096) kohteeseen, josta ilmoituksia laadittiin 23 kappaletta. Valtaosa Atrex käyttökohteen ilmoituksista perustui myös laukeamiseen.

Yleisesti ottaen kartoituksesta PK 1:n osalta voidaan todeta, että konelinjalla ilmoituksia oli muita koneita enemmän, vaikka varsinaisia moottorikohteita oli kaikista koneista vähiten. On myös huomioitavaa, että paperikone 1 on kaikista paperikonelinjoista vanhin kone Veitsiluodon saarella ja tämän myötä myös moottorikohteet ovat koko sen laajuudessaan vanhimpia. Automaattisia kunnonvalvontaan liittyviä mittauksia moottorikohteissa ei ole laisinkaan PK 1:llä, vaan kaikki havainnot moottoreista tehdään eri henkilöiden suorittamilla kunnonvalvonta seurannoilla ja tarkastuksilla. Käyttöhenkilöstöjen laatimat vikailmoitukset poikivat myös ilmoituksia moottorikohteiden toimimattomuuksista.

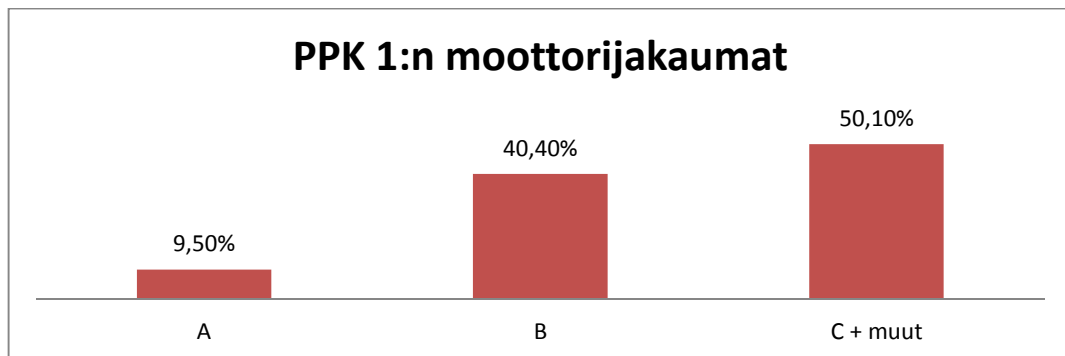
**Taulukko 4 TIPS kartoitustulokset PK 1:ltä**

PK 1	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Yhteensä
Jäähdytys		180min (3)		180min = 3h (3)
Komponentti rikki		1 002min (10)		1 002min = 16,7h (10)
Laakerivika		522min (2)		522min = 8,7h (2)
Laukeaminen		30min (1)		30min = 0,5h (1)
Moottori paloi		1 440min (6)		1 440min = 24h (6)
Moottori rikki	30min (1)	696min (5)		726min = 12,1h (6)
Prosessihäiriö	48min (1)			48min = 0,8h (1)
Tarkistaminen	6min (4)			6min = 0,1h (4)
<b>Yhteensä</b>	<b>84min (6)</b>	<b>3 870min (27)</b>	<b>0 min</b>	<b>3 954min = 65,9h (33)</b>

TIPS:stä ajettujen kartoitustuloksien mukaan PK 1:n konelinja seiso (katko/seisokki, häiriöseisokit & force majeure) moottorikohteiden tarkastelun osalta 65,9 tuntia. Eniten katkoksia tuotantoon aiheuttivat moottoreiden palamiset sekä komponenttien rikkoutuminen. Varsinaiset katkosten määrät moottorikohteiden osalta voidaan nähdä ryhmittäin taulukon 4 suluissa olevien lukuarvojen osalta. PK 1:llä moottoreista johtuneita eri katkoksia esiintyi yhteensä 33 kertaa.

#### 4.3 Päälystyspaperikone 1:n kartoitustulokset

Päälystyspaperikone 1:n toimintopaikat pitävät sisällään päälystyskoneen lisäksi myös superkalanterit (SK 11 & SK 12), pituusleikkurin (PL 13) ja välirullaimet (VR 11 & VR 12). Kaiken kaikkiaan päälystyspaperikoneella moottorikohteita oli SAP-järjestelmän mukaan 685 kappaletta. Kun kartoituksesta huomioitiin vain A ja B kriittisyysluokan moottorikohteet, niin varsinaisia tutkittavia kohteita jäi lopulta jäljelle 342 kappaletta.



**Kuva 18 Moottorijakaumat kriittisyysluokittain**

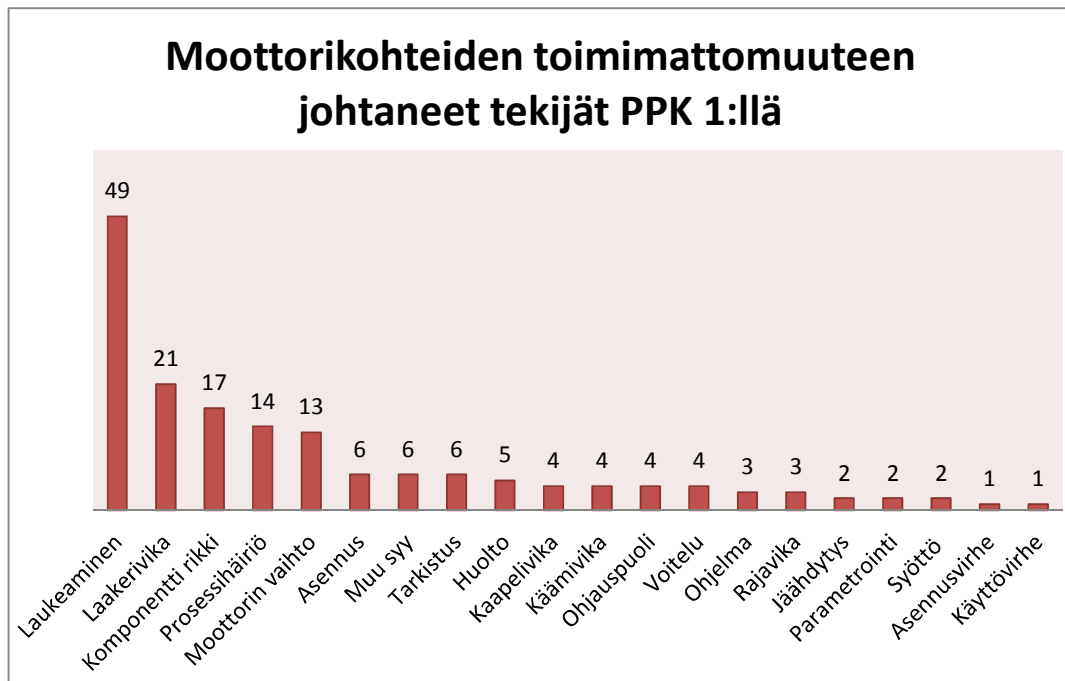
**Taulukko 5 PPK 1:n ilmoitukset kuukausittain ja vuosittain**

Päälystyskone 1													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2009	0	1	1	11	0	4	3	2	3	3	3	8	39
2010	7	5	3	2	6	2	4	4	5	2	2	4	46
2011	6	5	4	1	2	3	1	7	3	5	4	2	43
2012	7	1	3	4	1	1	6	2	2	2	0	10	39
Yhteensä	20	12	11	18	9	10	14	15	13	12	9	24	167

Ilmoituksia PPK 1:lle tehtiin 175 kappaletta, mutta niistä jätettiin huomioimatta 8 ilmoitusta niiden puutteellisuuden vuoksi. Kartoitettavia ilmoituksia jäi näin ollen 167 kappale-

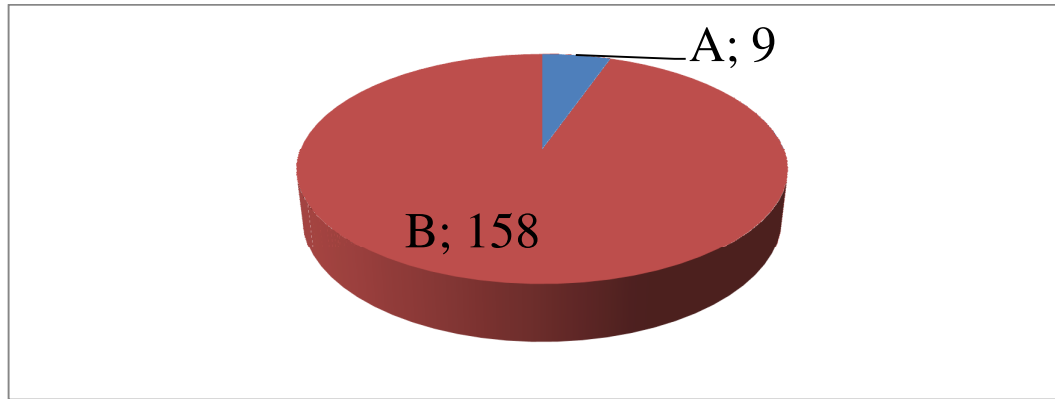
letta lopulliseen kartoitukseen. Kartoituksen perusteella voidaan todeta, että ilmoituksia esiintyi läpi kartoituksen melko tasaisesti ja suuria eroavaisuuksia vuosien välillä ei ollut havaittavissa (Taulukko 5). Vuonna 2010 ilmoituksia tehtiin päälystyspaperikone 1 toimintoalueilta eniten, kun taas vuosina 2009 ja 2012 niitä tehtiin vähiten. Eniten ilmoituksia laadittiin keskiarvallisesti vuodenvaihteen vaihtuessa joului- ja tammikuussa. Keskimäärin vika- ja toimenpideilmoituksia laadittiin 3.5 kappaletta yhtä kuukautta kohden PPK 1:n toimintopaikoilta. Kuvasta 18 nähdään PPK 1:n moottorikohteiden jakaumat kriittisyysluokittain.

**Taulukko 6 Moottorikohteen toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**

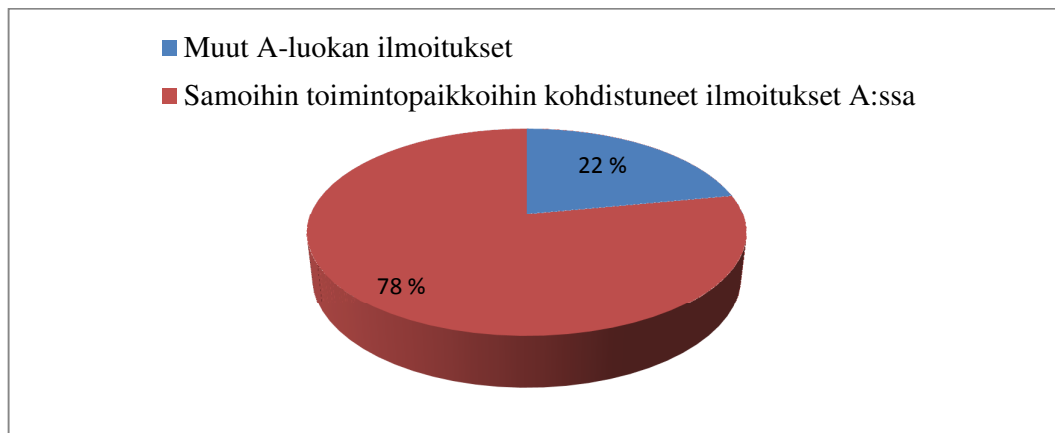


Laukeaminen toimi myös PK 1:n tapaan PPK 1:llä suurimpana moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneena syynä (Taulukko 6). Yleisin kohde laukeamiselle oli PL 13, pulpperin tyhjennyspumppun moottori (VL-2177282) sisältäen 6 laukeamiseen johtanutta ilmoitusta. Muuten laukeamiset jakautuivat suhteellisen tasaisesti 2-3 ilmoitusta/moottorikohde. Toiseksi yleisin moottorikohteiden toimimattomuuteen vaikuttanut tekijä osoittautui laakeriviaksi. Laakerivikoja esiintyi myös samoilla toimintopaikoilla muutaman kerran. Kolmanneksi yleisimpänä oli komponenttien rikkoutuminen. Rikkoutumisten kirjo oli suhteellisen laaja, eikä konelinjalla niinkään esiintynyt samoja komponentteja, jotka olisivat rikkoutuneet. Neljänneksi yleisin ilmoitus osoittautui prosessihäiriöön liittyväksi ongelmaksi. PPK 1:n toimintopaikoissa on käytössä paljon pumppu-

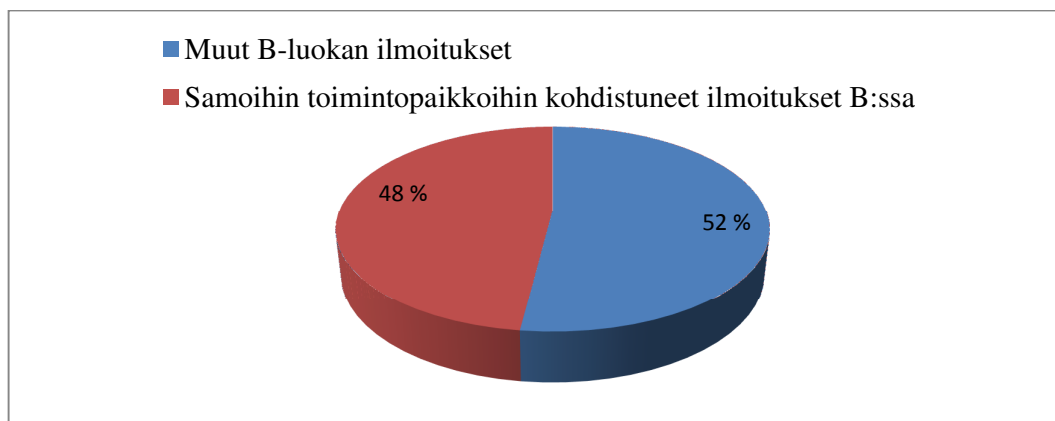
kohteita etenkin päällystyskoneella ja valtaosa prosessihäiriöistä johtuikin putkistojen tukoksista. Tukokset johtivat edelleen laukeamisiin, mutta toimimattomuuden perussyyn aiheutti varsinaisesti prosessihäiriö eli tukokset.



**Kuva 19 Moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**

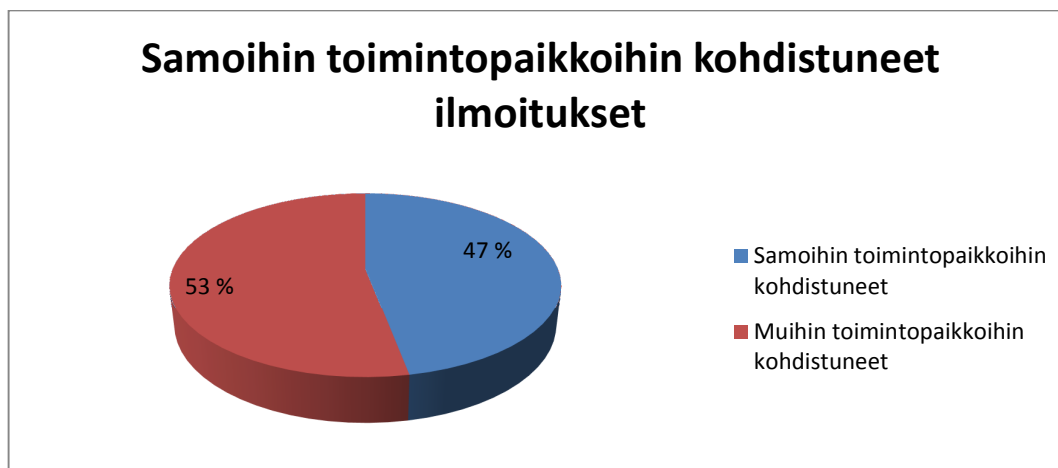


**Kuva 20 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset A-luokassa**



**Kuva 21 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset B-luokassa**





**Kuva 22 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset kaikkien ilmoitusten osalta**

Kartoituksen mukaan 5.4 % (9 kpl) kaikista ilmoituksista kohdistui A-kriittisyysluokan moottorikohteille ja loput 94.6 % (158 kpl) B-kriittisyysluokan omaaville moottoreille (kuva 19). A-kriittisyysluokan 9 ilmoituksesta peräti 78 % (7 kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 20). Luku on kaikista paperikonelinjoista suurin. Toisaalta A-luokan omaavia moottorikohteita oli myös suhteessa vähiten verrattuna kokonaisilmoitusten määrään. B-kriittisyysluokan 158:sta ilmoituksesta 48 % (75 kpl) kohdistui vähintään kaksi kertaa samaan toimintapaikkaan (kuva 21). Kaikista ilmoituksista peräti 47 % kohdistui samoihin toimintapaikkoihin (kuva 22). Kartoituksen mukaan PPK 1:n toimintoalueilta ilmoituksia laadittiin tasaisesti koko kartoituksen ajan. Merkittävämäksi huomioksi kartoituksesta voidaan todeta, että todella monet moottorikohteen ongelmat kohdistuivat samoihin toimintapaikkoihin.

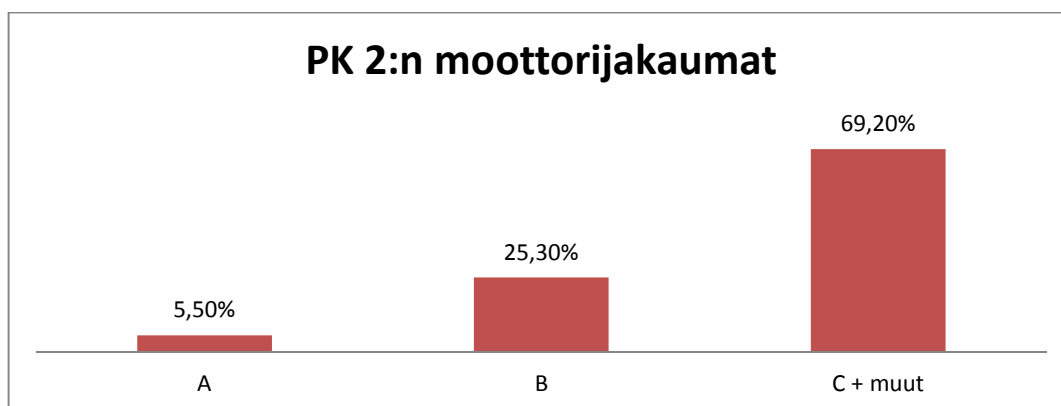
**Taulukko 7 TIPS kartoitustulokset PPK 1:ltä**

PPK 1	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Yhteensä
Muu syy	114 min (5)			114 min = 1,9h (5)
Laakerivika		540 min (2)		540 min = 9h (2)
Moottorivika		450 min (3)		450 min = 7,5h (3)
Prosessihäiriö	102 min (2)			102 min = 1,7h (2)
Tarkistaminen		78 min (2)		78 min = 1,3h (2)
<b>Yhteensä</b>	<b>216 min (7)</b>	<b>1 068 min (7)</b>	<b>0 min</b>	<b>1 284 min = 21,4h (14)</b>

TIPS:stä ajettujen kartoitustuloksien mukaan PPK 1:n konelinja seiso (katko/seisokki, häiriöseisokit & force majeure) moottorikohteiden tarkastelun osalta 21,4 tuntia. Eniten katkoksia tuotantoon aiheuttivat laakeriviat sekä moottoreiden rikkoutuminen. Varsinaiset katkosten määrät moottorikohteiden osalta voidaan nähdä ryhmittäin taulukon 7 su-  
luissa olevien lukuarvojen osalta. PPK 1:llä moottoreista johtuneita eri katkoksia esiin-  
tyi yhteensä 14 kertaa.

#### 4.4 Paperikone 2:n kartoitustulokset

Paperikone 2:lla ilmoituksia esiintyi SAP:n mukaan 348 kappaletta, niistä 9 jouduttiin jättämään huomioimatta ilmoitusten puutteellisuuksien vuoksi. Ilmoituksia jäi tarkastel-  
tavaksi lopulta 339 kappaletta. PK 2:lla moottorikohteita oli SAP:n mukaan 849 kapp-  
letta, mutta kun kartoituksessa huomioitiin vain A ja B luokan moottorikohteet, niin  
jäljelle jäi lopulta 262 moottoria kartoitettavaksi.



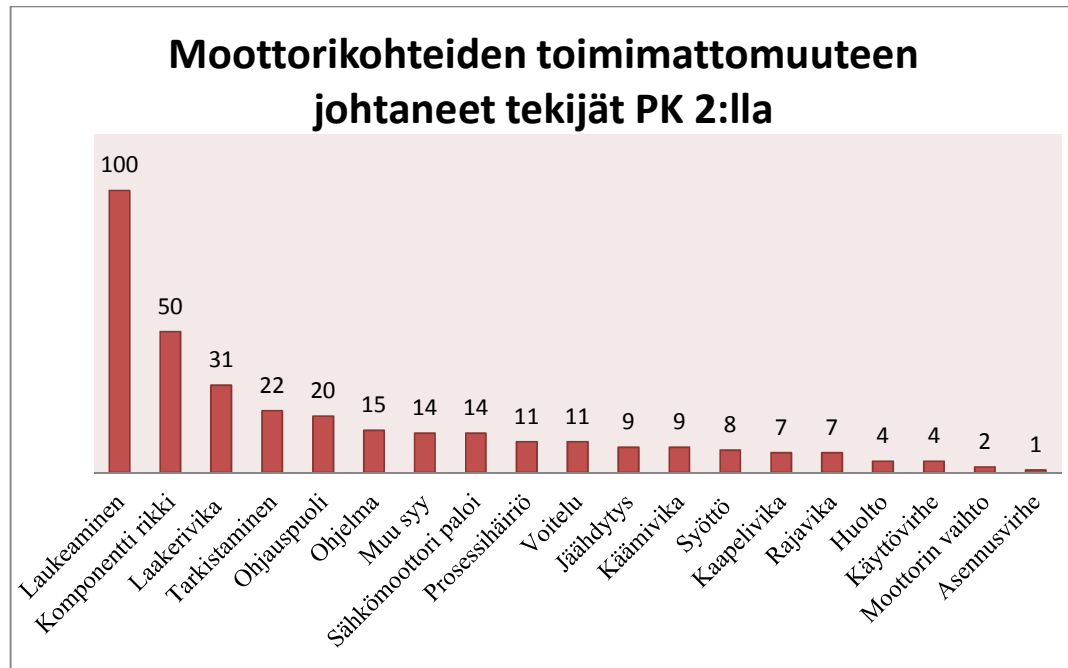
**Kuva 23 Moottorijakaumat kriittisyysluokittain**

**Taulukko 8 PK 2:n ilmoitukset kuukausittain ja vuosittain**

Paperikone 2													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2009	8	10	8	4	11	7	9	7	7	11	3	6	91
2010	2	3	2	2	7	4	0	4	7	6	2	3	42
2011	7	2	9	4	8	1	4	3	3	23	5	12	81
2012	6	11	28	12	13	7	14	3	5	12	8	6	125
Yhteensä	23	26	47	22	39	19	27	17	22	52	18	27	339

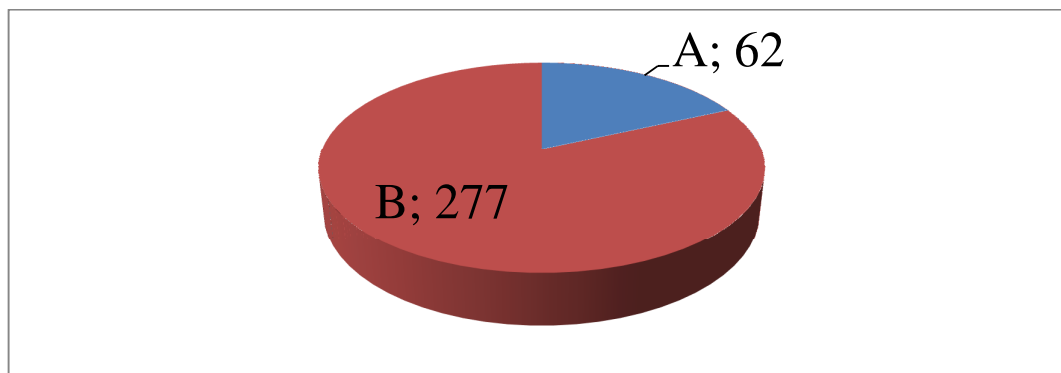
Kartoituksen mukaan moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneita ilmoituksia laadittiin eniten vuonna 2012 yhteensä 125 ilmoituksella ja vähiten niitä puolestaan tehtiin vuonna 2010, jolloin ilmoituksia tehtiin ainoastaan 42 kappaletta. Maalis- ja lokakuussa laadittiin keskiarvollisesti eniten ilmoituksia moottorikohteiden toimimattomuudesta (Taulukko 8). PK 2:lta laadittiin keskimäärin 7.06 kappaletta yhtä kuukautta kohden varsinaisia ilmoituksia. Kuvasta 23 nähdään moottorijakaumat kriittisyysluokittain PK 2 moottoreiden osalta.

**Taulukko 9 Moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**

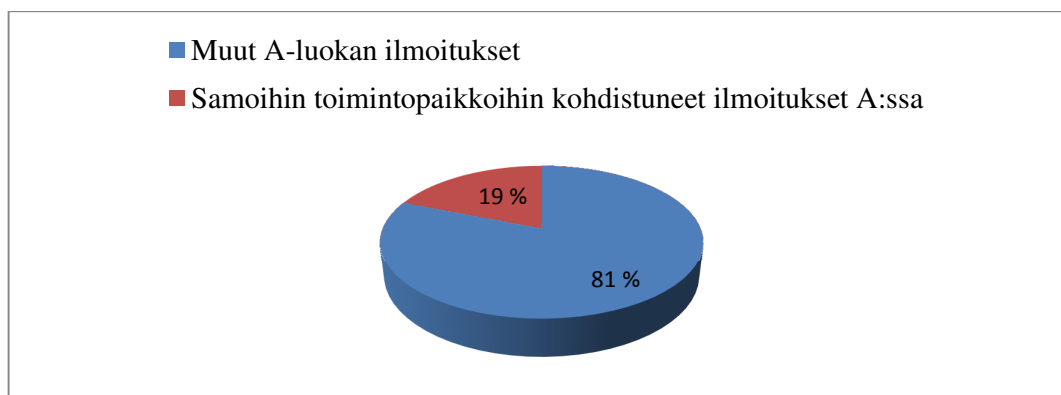


Paperikone 2 linjalla laukeaminen (Taulukko 9) oli muidenkin konelinjojen tapaan yleisin moottorikohteiden toimimattomuuteen johtanut tekijä. Myös PK 2:lla esiintyi samoissa käyttökohteissa suhteellisen paljon laukeamisia. Eniten työllistäneitä toimintopaikkoja laukeamisten osalta olivat: ilmanpoistosäiliön tyhjöpumppu 1 (VL-2207614), josta tehtiin peräti 26 ilmoitusta kohteen laukeamisesta sekä sulzer-montun uppopumppu 2 (VL-2207227), josta puolestaan laadittiin 13 ilmoitusta. Komponenttien rikkoutuminen nousi toiseksi suurimmaksi ryhmäksi PK 2 moottorikartoituksen osalta. Katkaisijat olivat yleisin rikkoutunut komponentti kyseisellä paperikonelinjalla. Kolmanneksi yleisimpänä toimimattomuuteen johtaneena tekijänä olivat laakeriviat. Noin neljäsosa kaikista laakerivioista esiintyi samoissa käyttökohteissa. Seuraavaksi yleisimpänä kartoituksessa olivat erilaiset tarkistukset ja ohjauspuoleen liittyvät viat. Ohjauspuolen vi-

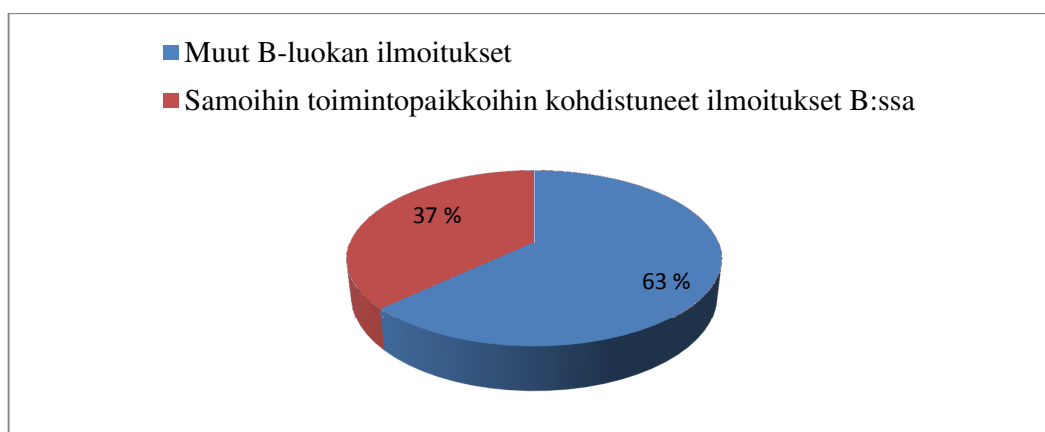
kaantumisissa esiintyi selkeästi muita koneita enemmän löysävikoja, jotka johtivat toimimattomuuksiin moottorikohteissa. Erilaiset löysäviat saatiin korjatuksi kirimällä johdot liitinrimoihin paremmin. Löysävikojen aiheuttajina ovat tavallisesti tärisevät käyttökohteet.



**Kuva 24 A ja B kriittisyysluokkien jakautuneisuus kaikista ilmoituksista**



**Kuva 25 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset A-luokassa**



**Kuva 26 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset B-luokassa**



**Kuva 27 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset kaikkien ilmoitusten osalta**

Kartoituksen mukaan noin 18,3 % (62 kpl) kaikista ilmoituksista kohdistui A-kriittisyysluokan moottorikohteille ja loput 81,7 % (277 kpl) B-kriittisyysluokan omaaville moottoreille (kuva 24). A-kriittisyysluokan 62 ilmoituksesta noin viidesosa (12 kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 25). B-kriittisyysluokan 277 ilmoituksesta 37 % (102 kpl) kohdistui samoihin toimintapaikkoihin (kuva 26). Kun kaikki ilmoitukset huomioidaan niin 33 % (114 kpl) ilmoituksista kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 27).

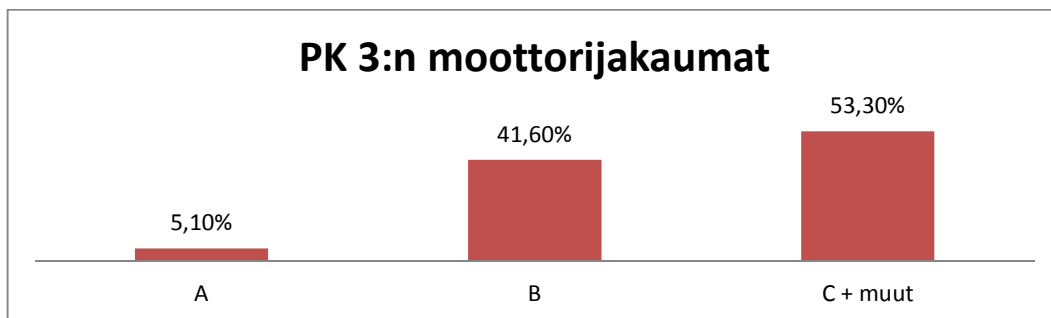
Paperikone 2:n kartoituksesta voidaan todeta, että laukeamiset, komponenttien rikkoutumiset sekä laakeriviat olivat kolme selkeästi suurinta moottorikohteiden toimimattomuuksiin johtanutta tekijää. Ohjauspuolen vikoja esiintyi myös muihin koneisiin verrattuna kaikista eniten. Eniten ilmoituksia laadittiin ilmanpoistosäiliön tyhjöpumppu 1 (VL-2207614), josta tehtiin jopa 27 ilmoitusta. 27 ilmoituksesta 26 oli laukeamiseen liittyviä ja 1 liittyi moottorin laakerivikaan. Kyseinen ilmoitus työllisti kunnossapitoa melkein 8 %:lla kaikkien ilmoitusten osalta 4 vuoden ajalta. Vastaavanlaisissa ilmoituksissa kunnossapidollisia toimenpiteitä olisi syytä kohdistaa siten, että vian aiheuttajat saataisiin poistettua käyttökohteesta. Moottorin soveltuvuus, ympäristötekijät sekä moottoreiden kuormitettavuudet on syytä tarkistaa ensimmäiseksi vikaantumiskartottamisen suhteen. Lisäksi tarkempia analyysejä olisi syytä suorittaa, jotta jatkossa voitaisiin välttyä samankaltaisilta vikaantumisilta.

**Taulukko 10 TIPS kartoitustulokset PK 2:lta**

PK 2	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Yhteensä
Jäähdytys	6 min (3)			6 min = 0,1h (3)
Komponentti rikki	228 min (3)			228 min = 3,8h (3)
Laukeaminen		102 min (3)		102 min = 1,7h (3)
Moottori rikki	120 min (3)	1 734 min (9)		1854 min = 30,9h (12)
<b>Yhteensä</b>	<b>354 min (9)</b>	<b>1836 min (12)</b>	<b>0 min</b>	<b>2 190 min = 36,5h (21)</b>

TIPS:stä ajettujen kartoitustuloksien mukaan (Taulukko 10) (huomioitiin kaikki kriittisyysluokan moottorikohteet) PK 2:n konelinja seiso (katko/seisokki, häiriöseisokit & force majeure) moottorikohteiden tarkastelun osalta 36,5 tuntia. Eniten katkoksia tuotantoon aiheuttivat moottoreiden rikkoutumiset. Varsinaiset katkosten määrät moottorikohteiden osalta voidaan nähdä ryhmittäin kuvan suluissa olevien lukujen arvojen osalta. PK 2:llä moottoreista johtuneita eri katkoksia esiintyi yhteensä 21 kertaa.

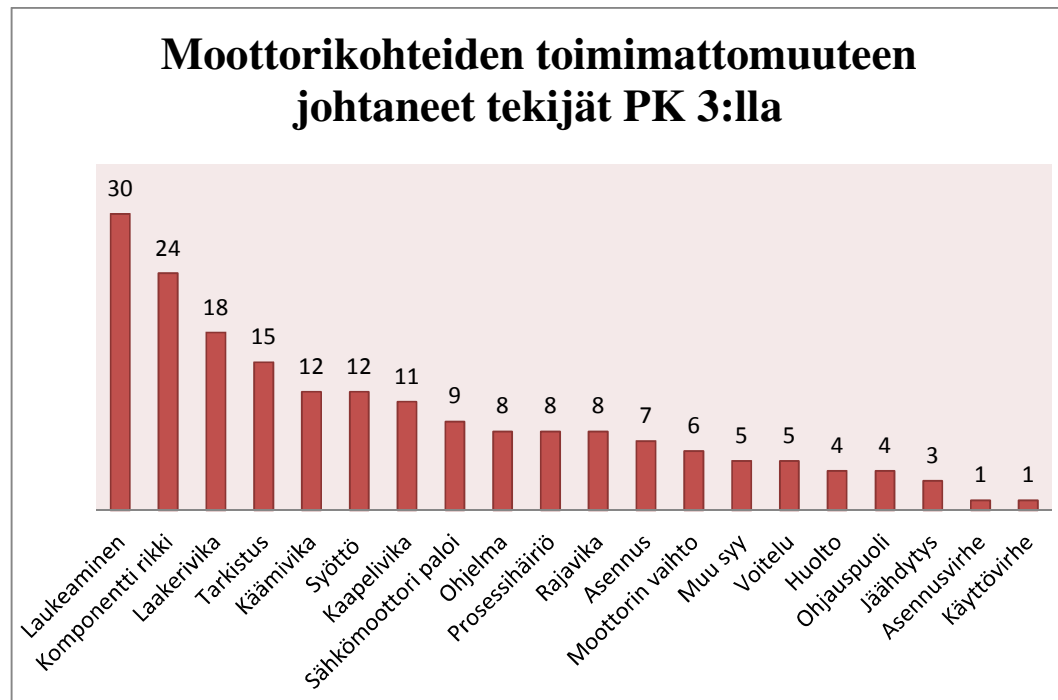
#### 4.5 Paperikone 3:n kartoitustulokset

**Kuva 28 Moottorijakaumat kriittisyysluokittain****Taulukko 11 PK 3:n ilmoitukset kuukausittain ja vuosittain**

Paperikone 3													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2009	4	4	3	2	2	1	2	13	6	7	13	3	60
2010	5	6	5	4	4	3	0	2	3	5	2	0	39
2011	4	3	5	1	4	5	4	2	1	6	5	8	48
2012	4	3	4	3	3	4	5	1	3	8	5	1	44
<b>Yhteensä</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>191</b>

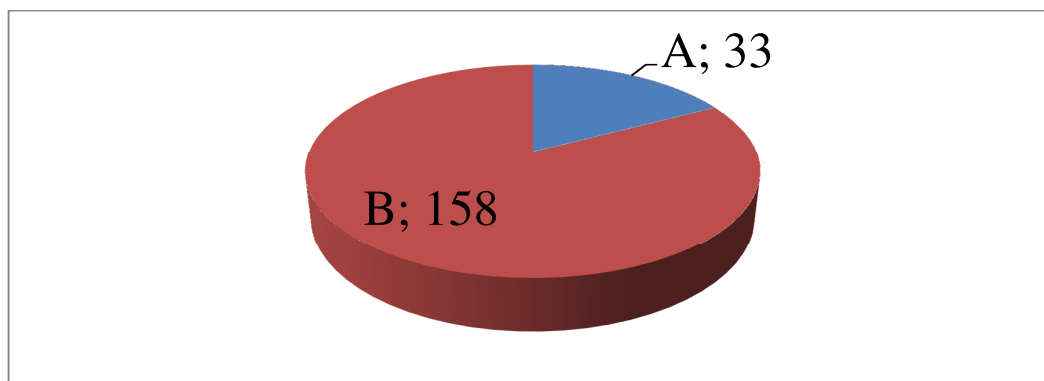
Paperikone 3:lla moottorikohteita oli SAP:n mukaan kaiken kaikkiaan 720 kappaletta. Kun kartoituksessa huomioitiin ainoastaan A ja B luokan moottorikohteet, niin jäljelle jäi lopulta 337 moottorikohdetta. Ilmoituksia laadittiin paperikone 3:n moottorikohteisiin liittyen yhteensä 213 kappaletta, joista 22 jouduttiin jättämään huomioimatta ilmoitusten puutteellisuuksien vuoksi. Kartoituksen 191 ilmoituksesta suurin osa tehtiin vuonna 2009, jolloin ilmoituksia tehtiin 60 kappaletta. Vähiten ilmoituksia laadittiin puolestaan vuonna 2010, jolloin ilmoituksia tehtiin 39 kappaletta (Taulukko 11). Eniten ilmoituksia laadittiin keskiarvollisesti loka- ja marraskuun aikana ja keskimäärin ilmoituksia tehtiin toimintapaikoilta 3.97 ilmoitusta/kuukausi. Kuvasta 28 nähdään moottorikohteiden kriittisyysluokkajakaumat.

**Taulukko 12 Moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**

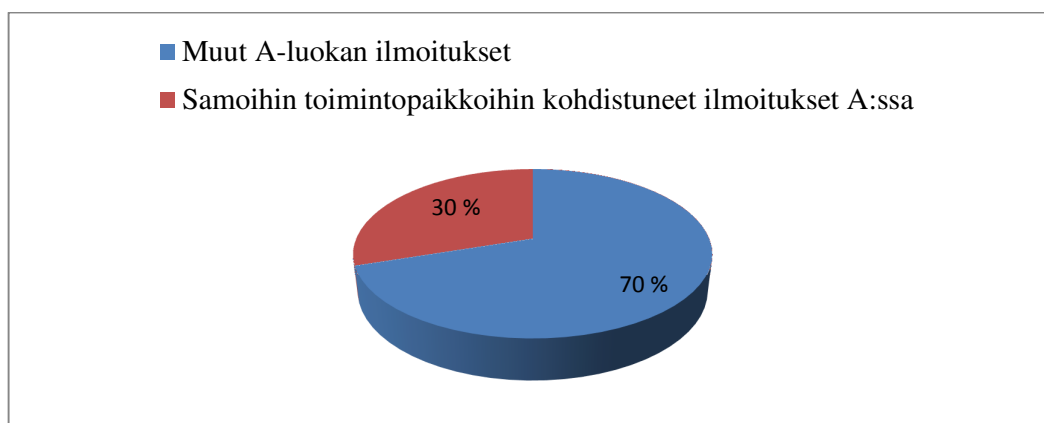


Paperikone 3:lla laukeaminen oli jälleen yleisin moottorikohteiden toimimattomuuteen johtanut syy (Taulukko 12). PK 3:lla laukeamisia ei esiintynyt muiden koneiden tapaan samoissa käyttökohteissa läheskään niin paljoa, vaan laukeamiset tapahtuivat pääsääntöisesti eri toimintapaikoilla. Komponenttien rikkoutumiset olivat toiseksi suurin ryhmä kartoituksessa PK 3:n osalta. Komponenttien rikkoutuminenkin oli myös hyvin vaihtelevaa, eikä kartoituksen saamien tietojen mukaan löydetty yksittäisiä komponentteja, jotka olisivat rikkoutuneet eniten. Kolmanneksi yleisimmäksi tekijäksi osoittautuivat laakeriviat. Laakerivikojen osalta voidaan todeta, että pääsääntöisesti ne jakautuivat eri

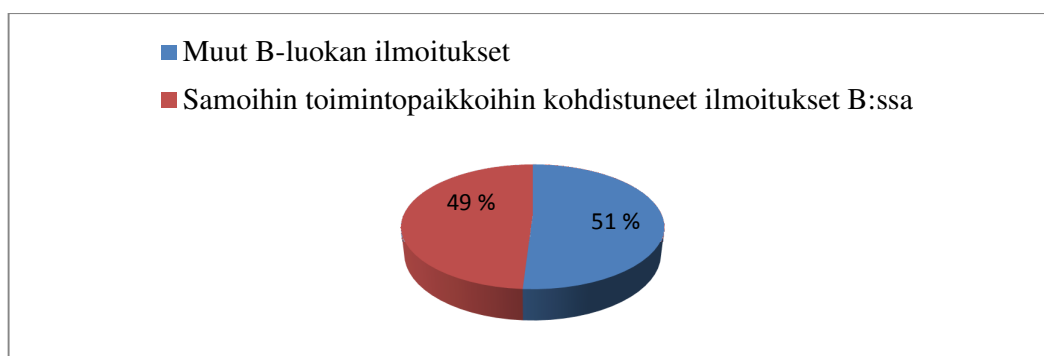
käyttökohteisiin. Esimerkiksi ”19. alaterämoottori, PL 31” (VL-23071432) esiintyi 3 kertaa laakerivika, joista kaksi tapahtui vuonna 2009 ja yksi vuonna 2011. Kaapelivikoja esiintyi PK 3:lla myös muita koneita enemmän. Yleisin moottorikohde, josta kaapeli vaurioitui oli toimintopaikka nimeltä: ”Roskaluukku polttolava (VL-2307060)”, josta laadittiin yhteensä 4 ilmoitusta.



**Kuva 29 A ja B kriittisyysluokkien jakautuneisuus kaikista ilmoituksista**

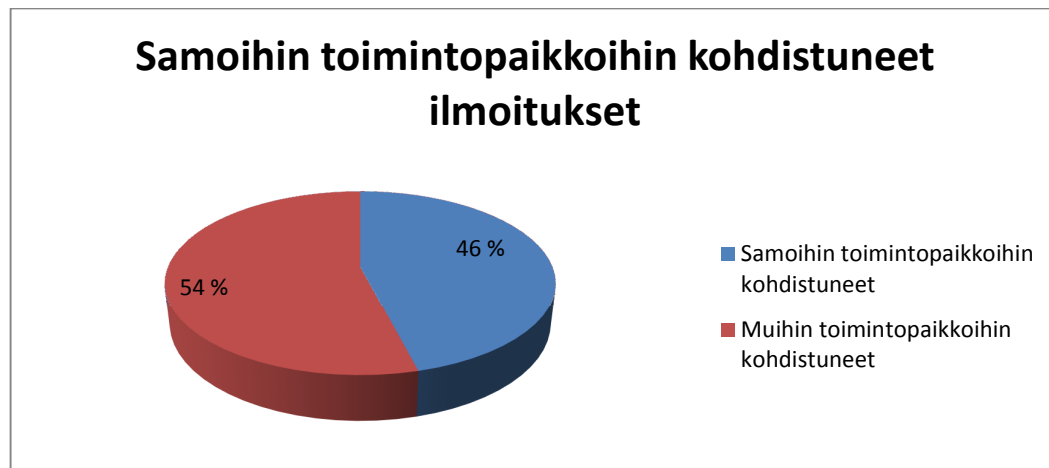


**Kuva 30 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset A-luokassa**



**Kuva 31 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset B-luokassa**





**Kuva 32 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset kaikkien ilmoitusten osalta**

Kartoituksen mukaan noin 17.3 % (33 kpl) kaikista ilmoituksista kohdistui A-luokan kohteille ja loput 82.7 % (158 kpl) B-kriittisyysluokan moottorikohteille (kuva 29). A-kriittisyysluokan 33 ilmoituksesta 10 ilmoitusta (30 %) kohdistui samalle toimintapaikalle (kuva 30). B-kriittisyysluokan 158 ilmoituksesta 49 % (78 kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 31). Kaikista (191 kpl) ilmoituksesta peräti (87 kpl:tta) eli noin 46 % kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 32).

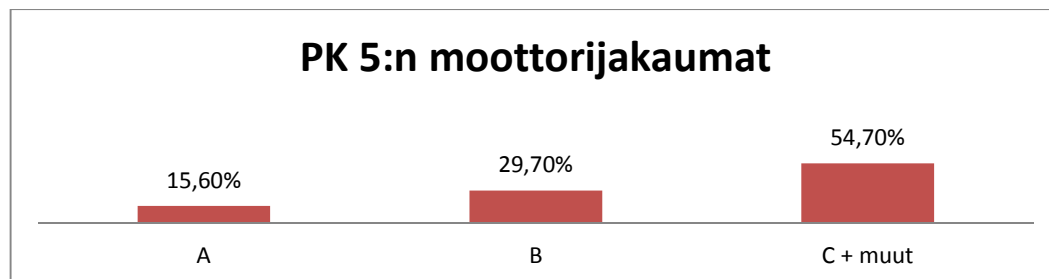
Paperikoneen 3 osalta voidaan todeta, että moottorikohteiden vikaantuminen oli satunnaista ja vikaantumisten syyt jakautuivat kaikista laajimmin ja tasaisimmin kun tarkastellaan kaikkia paperikonelinjoja (Taulukko 12). Eniten ilmoituksia laadittiin ”pu huopa kp suihkuharja” (VL-2307444), josta ilmoituksia laadittiin 11 kappaletta. Melkein jokaisessa 11:sta ilmoituksesta ilmeni, että varoke oli palanut tai moottorikohteessa esiintyi käämivika. Todennäköinen syy toistuviin varokkeiden palamisiin ja käämivikoihin johtui käyttökohteen kosteudesta. Kunnossapitoa työlli toiseksi eniten käyttökohde nimeltä ”viistoleikkuri syl. 45” (VL-2307477). Kyseisessä kohteessa prosessihäiriö, lau-keaminen tai rajavika oli vallitsevia tekijöitä kohteen toimimattomuudelle. Käyttömiehen mukaan viistoleikkuri sijaitsee paikassa, joka on alttiina herkästi likaantumiselle ja se voidaan olettaa olevan yksi merkittävä syy toistuvaan toimimattomuuteen. (Kants 25.3.2013, haastattelu)

**Taulukko 13 TIPS kartoitustulokset PK 3:lta**

PK 3	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Yhteensä
Kaapelivika		30 min (1)		30 min = 0,5h (1)
Komponentti rikki	60 min (1)			60 min = 1h (1)
Laakerivika	102 min (3)			102 min = 1,7h (3)
Laukeaminen		156 min (2)		156 min = 2,6h (1)
Moottori paloi		330 min (1)		330 min = 5,5h (1)
Moottori rikki	234 min (8)	1 566 min (8)		1 800 min = 30h (16)
Prosessihäiriö		42 min (1)		42 min = 0,7h (1)
<b>Yhteensä</b>	<b>396 min (12)</b>	<b>2 124 min (13)</b>	<b>0 min</b>	<b>2 520 min = 42h (25)</b>

TIPS:stä ajettujen kartoitustuloksien mukaan PK 3:n konelinja seiso (katko/seisokki, häiriöseisokit & force majeure) moottorikohteiden tarkastelun osalta 42 tuntia (Taulukko 13). Eniten katkoksia tuotantoon aiheuttivat moottoreiden rikkoutumiset. Varsinaiset katkosten määrät moottorikohteiden osalta voidaan nähdä ryhmittäin kuvan suluissa olevien lukujen arvojen osalta. PK 3:lla moottoreista johtuneita eri katkoksia esiintyi yhteensä 25 kertaa.

#### 4.6 Paperikone 5:n kartoitustulokset

**Kuva 33 Moottorijakaumat kriittisyysluokittain****Taulukko 14 PK 5:n ilmoitukset kuukausittain ja vuosittain**

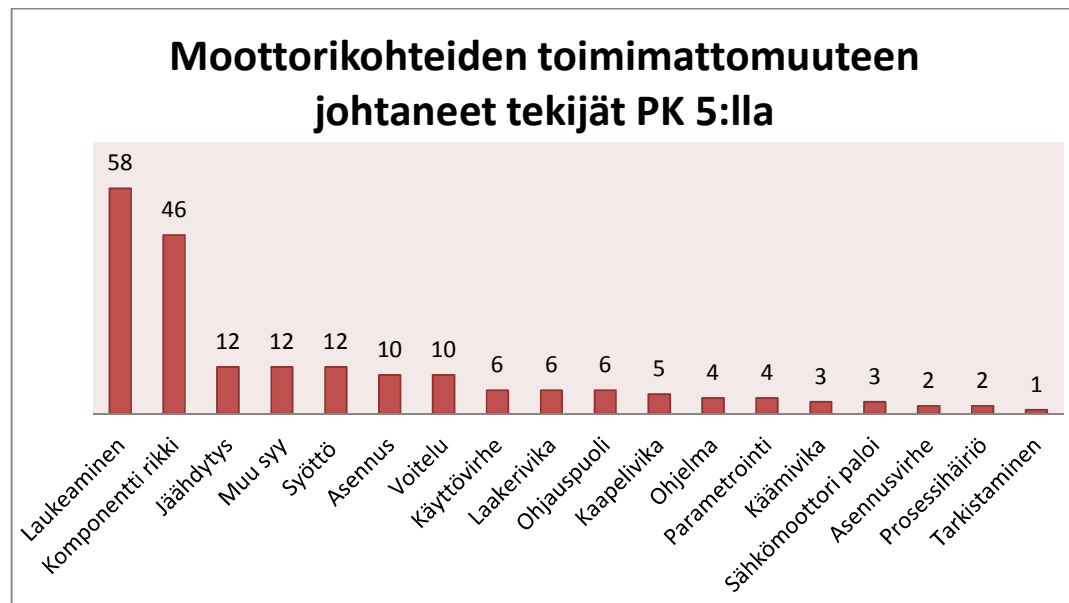
Paperikone 5													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
2010	6	7	7	3	2	2	6	6	9	10	3	4	65
2011	4	5	3	11	6	7	5	11	6	7	5	0	70
2012	11	3	1	4	7	4	7	6	6	4	1	8	62
<b>Yhteensä</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>202</b>

Paperikone 5:lla moottorikohteita oli SAP-järjestelmän mukaan 882 kappaletta. Kun kartoituksessa huomioitiin A ja B kriittisyysluokan moottorikohteet, niin lopulta kartoi-

tettavia moottoreita jäi jäljelle 400 kappaletta. Kuvasta 33 nähdään PK 5: moottorikohteiden kriittisyysluokitusjakaumat.

Kartoituksesta saamien tietojen mukaan PK 5:lla tehtiin 2009- 2012 välisenä aikana yhteensä 226 ilmoitusta, joista 24 ilmoitusta päätettiin jättää pois niiden puutteellisuuksien vuoksi. 202 ilmoituksesta eniten tehtiin vuonna 2011 ja vähiten taas puolestaan vuonna 2009. Alhaiseen ilmoitusmäärään ei PK 5:lla löydetty selitystä, mutta on selvää, että alueelta on laadittu ilmoituksia muidenkin vuosien tapaa. Se ilmenee siitä, että kunnossapidollisia kustannuksia kuitenkin osoittai esiintyvän moottorikohteista. Kartoituksessa on syytä jättää vuosi 2009 huomioimatta, koska se ei anna todellista kuvaa vikaantumismäärästä toimintapaikoilta. Tämän johdosta, vuosi 2012 oli paras vuosi moottorikohteiden toimimattomuuden vähimmäisyyttä tarkasteltaessa (Taulukko 14). Keskimäärin ilmoituksia laadittiin eniten tammi-, elo-, syys- ja lokakuussa. Keskiarvallisesti ilmoituksia tehtiin 4.2 kappaletta/ kuukausi PK 5:n moottorikohteista.

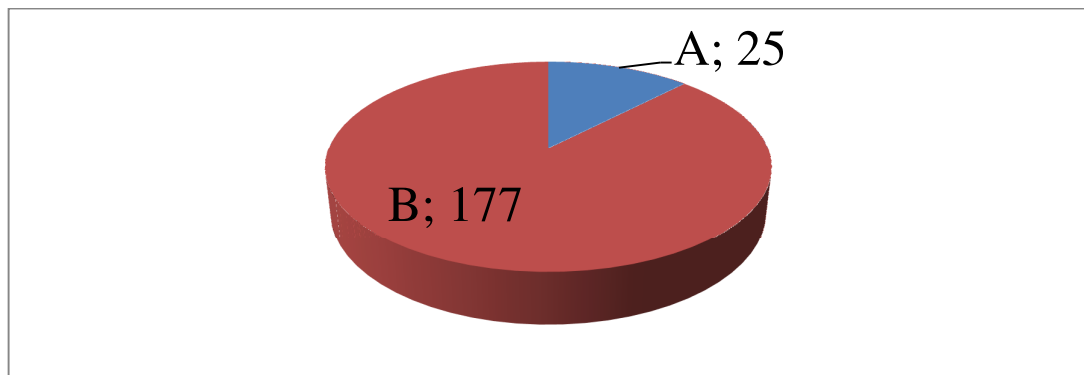
**Taulukko 15 Moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**



Kaksi selkeästi merkittävintä tekijää moottorikohteiden toimimattomuudelle olivat laukeaminen sekä komponenttien rikkoutuminen (Taulukko 15). Laukeamisen osalta voidaan sanoa, että melkein puolet kohteista kohdistui samoihin toimintapaikkoihin. 58 laukeamista jakautui 27 moottorikohteen kesken. Suurin laukeamisia aiheuttanut toimintapaikka oli suodosmassasäiliö 2:n pumppu (VL-25071007) (7-ilmoitusta), joka laukesi toistuvasti ylivirtaan. Kyseisen pumpun moottorikin vaihdettiin myös muuta-

maan otteeseen. Toinen laukeamisia merkittävästi aiheuttanut toimintopaikka oli MT-keittimien syöttöpumppu (VL-2507942), josta tehtiin 6 ilmoitusta, johtuen taajuusmuuttajan ”ylitaajuus” ilmoituksesta.

Komponentteja rikkoutui pääasiallisesti katkaisijoiden osalta. Tyhjäpumppu 2:lta (VL-2507132) tehtiin peräti 9 ilmoitusta, joissa katkaisija temppuili tai hajosi. Kolmanneksi yleisimpiä tekijöitä moottorikohteiden toimimattomuuksille olivat jäähdytys, muu syy sekä syöttö 12 ilmoituksella. Jäähdytyksen osalta voidaan todeta, että suurin osa kohdistui PL 52 pulpperin poistopumppu (VL-2507012) jäähdytykseen. Kyseisestä toimintopaikasta oli tehty 6 ilmoitusta eli puolet kaikista jäähdytykseen liittyvistä ilmoituksista. Ilmoituksien mukaan kohteessa jäähdytys vain lopetti toimintansa. Sen lisäksi kohteeseen vaihdettiin kahteen kertaan jäähdytyspuhallin. ”Muu syy” kohdat koostuivat pääsääntöisesti erilaisista puhdistuksista sekä muista selittämättömistä syistä, joita ei voitu luokitella muihin luokkiin. Syötön osalta voidaan todeta, että sulakkeet olivat pääsääntöisesti palaneet eri käyttökohteissa.



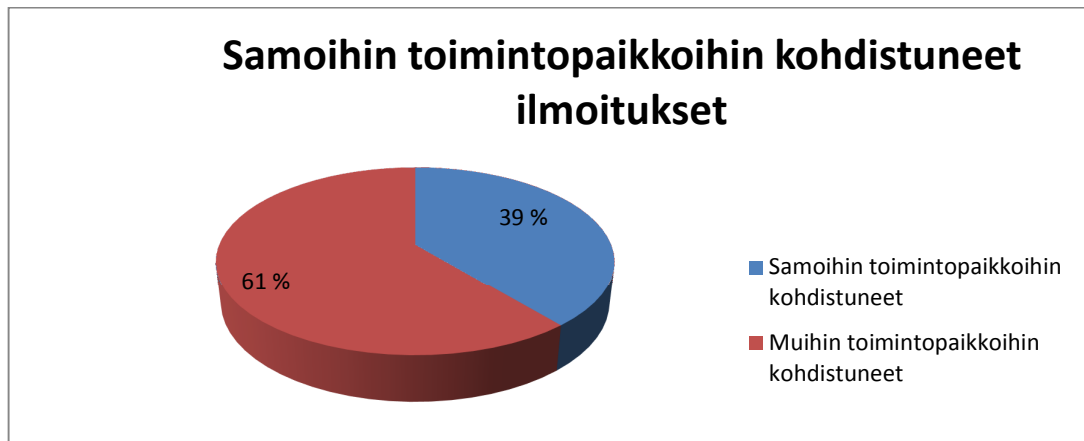
**Kuva 34 A ja B kriittisyysluokkien jakautuneisuus kaikista ilmoituksista**



**Kuva 35 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset A-luokassa**



**Kuva 36 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset B-luokassa**



**Kuva 37 Samoihin toimintopaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset kaikkien ilmoitusten osalta**

Kartoituksen mukaan noin 12 % (25 kpl) kaikista ilmoituksista kohdistui A-luokan kohteille ja loput 88 % (177 kpl) B-kriittisyysluokan moottorikohteille (kuva 34). A-kriittisyysluokan 25 ilmoituksesta jopa 16 ilmoitusta (64 %) kohdistui samalle toimintopaikalle (kuva 35). B-kriittisyysluokan 177 ilmoituksesta noin 37 % (65 kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 36). Kaikista 202 ilmoituksesta 39 % (79 kpl) kohdistui samoille toimintapaikoille (kuva 37).

PK 5:lla yleisin moottorikohteiden toimimattomuuteen kohdistunut toimintopaikka oli tyhjöpumppu 2 (VL-2507132), josta tehtiin yhteensä 15 ilmoitusta. Valtaosa sen ilmoituksista liittyi katkaisija ongelmiin. Laukeaminen oli myös ongelmana kyseisessä käyttökohteessa.

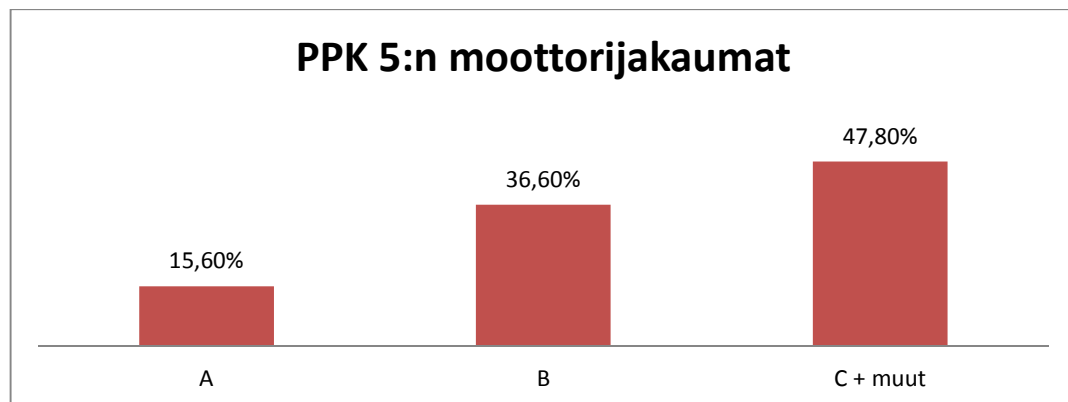
**Taulukko 16 TIPS kartoitustulokset PK 5:lta**

PK 5	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Yhteensä
Kaapelivika			1 386 min (1)	1 386 min =23,1h (1)
Komponentti rikki		666 min (4)		666 min =11,1h (4)
Laukeaminen	36 min (3)	138 min (1)		174 min = 2,9h (4)
Moottori paloi		2 664 min (9)		2 664 min =44,4h (9)
Moottori rikki	78 min (10)	2 256 min (14)		2 334 min = 38,9h (24)
<b>Yhteensä</b>	<b>114 min (13)</b>	<b>5 724 min (28)</b>	<b>1 386 min (1)</b>	<b>7 224 min =120,4h (42)</b>

TIPS:stä ajettujen kartoitustuloksien mukaan PK 5:n konelinja seisoi (katko/seisokki, häiriöseisokit & force majeure) moottorikohteiden tarkastelun osalta yhteensä 120,4 tuntia. Eniten katkoksia tuotantoon aiheuttivat moottoreiden palamiset ja moottoreiden rikkoutuminen. Varsinaiset katkosten määrät moottorikohteiden osalta voidaan nähdä ryhmittäin taulukon 16 suluissa olevien lukuarvojen osalta. PK 5:lla moottoreista johtuneita eri katkoksia esiintyi yhteensä 42 kertaa.

#### 4.7 Päälystyspaperikone 5:n kartoitustulokset

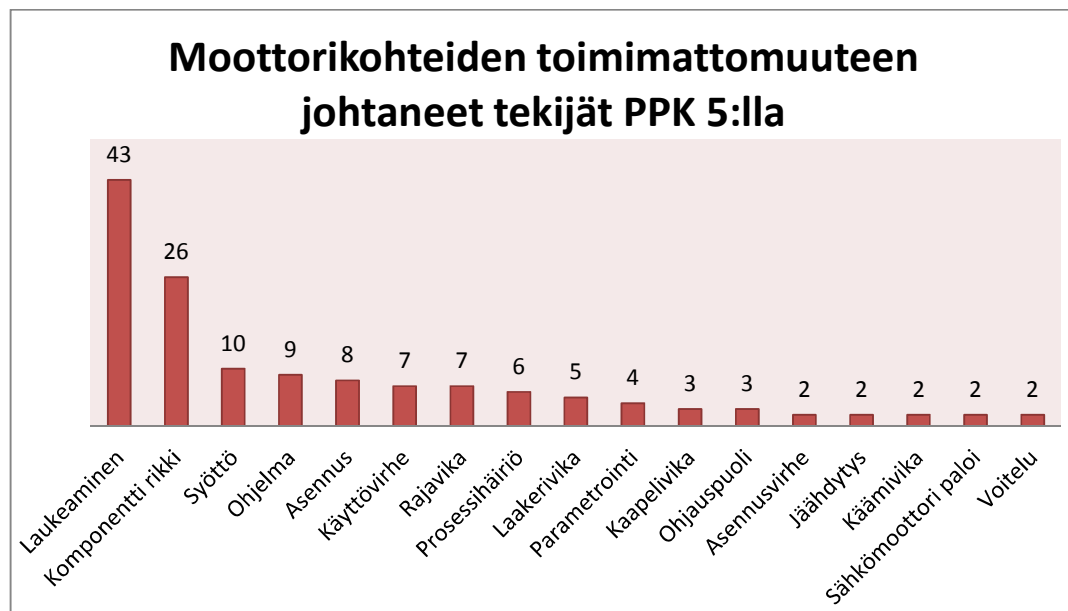
Päälystyspaperikone 5 toimintopaikat pitävät sisällään päälystyskoneen lisäksi myös superkalanterit (SK 51 & SK 52), pituusleikkurit (PL 52 & PL 53), välirullaimet (VR 51 & VR 52) ja uudelleen rullaimet (UR 3 & UR 5). Moottorikohteita PPK 5:lla oli SAP:n mukaan 775 kappaletta ja kun kartoituksessa huomioitiin vain A ja B kriittisyysluokan moottorikohteet niin lopulliseen kartoitukseen jäi jäljelle 344 moottorikohdetta. Kuvasta 38 nähdään PPK 5 moottorikohteiden kriittisyysluokajakaumat.

**Kuva 38 Moottorijakaumat kriittisyysluokittain**

**Taulukko 17 PPK 5:n ilmoitukset kuukausittain ja vuosittain**

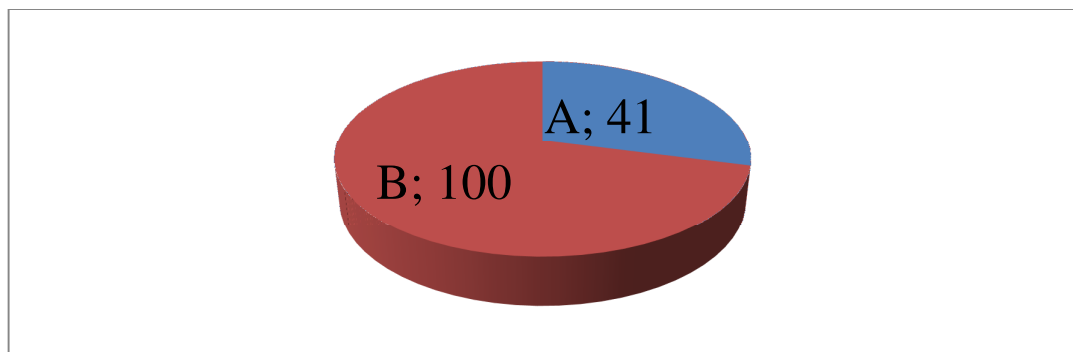
Päällystyskone 5													
Vuosi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	5	5	3	3	7	5	9	3	5	5	10	3	63
2011	2	3	2	7	3	4	5	5	4	3	1	2	41
2012	5	3	5	5	5	1	3	2	3	2	1	2	37
Yhteensä	12	11	10	15	15	10	17	10	12	10	12	7	141

Päällystyspaperikone 5:n toimintapaikoilta tehtiin kaiken kaikkiaan 150 ilmoitusta, joista 9 ilmoitusta ei kertonut mitään vikaantumisesta. Tämän vuoksi kyseiset ilmoitukset jätettiin kokonaan huomioimatta kartoituksesta. Ilmoituksia laadittiin PPK 5:n toimintalueilta yhteensä 141 kappaletta (Taulukko 17). Kartoituksen mukaan vuodelta 2009 ei SAP:n mukaan löytynyt yhtään ilmoitusta moottorikohteista. PPK 5 käyttäytyi vastaavanlaisesti kuin PK 5 ja ilmoitusten vähäisyyteen ei löytynyt sen tarkempaa selitystä. Ilmoitukset vähenivät tasaisesti vuosien 2010 - 2012 välisenä aikana. 2010 vuonna ilmoituksia laadittiin 63 kappaletta (eniten) ja vuonna 2012 niitä tehtiin 37 (vähiten), mikä on pienin lukumäärä kun kaikki paperikonelinjat huomioidaan. Huhti-, touko-, ja heinäkuussa laadittiin keskiarvallisesti eniten ilmoituksia moottorikohteista. Keskimäärin ilmoituksia laadittiin PPK 5:n moottorikohteista 2.93 kpl/ kuukausi, mikä oli myös pienin määrä kaikkien koneiden kesken. (Saarela 10.4.2013. Sähköpostiviesti)

**Taulukko 18 Moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät luokittain**

Päällystyskone 5:n toimintoalueilla merkitsivimmäksi tekijäksi moottorikohteiden toimimattomuuksille osoittautui jo aiempienkin koneiden tapaan olevan laukeaminen (Taulukko 18). 43 laukeamista jakautui 29 eri moottorikohteen kanssa, joten laukeamisia esiintyi myös paljon samoista käyttökohteista. Suurimmat laukeamiseen aiheuttaneet toimintopaikat olivat PL 52/ PL 53 lamellikuljetin (VL-2577495) 5 ilmoituksella sekä pastatärkkelysliimapumpun moottori (VL-2577767) myös 5 ilmoituksella. Toiseksi suurin syy moottoreiden toimimattomuudelle PPK 5:n kartoituksessa oli komponenttien rikkoutuminen. Komponentteja rikkoutui vaihtelevalla kirjolla, eikä samoja yksittäisiä komponentteja voinut sanoa rikkoutuvan. Kolmanneksi yleisimmäksi tekijäksi nousivat syöttöön liittyvät tekijät.

Neljänneksi yleisin vikaantumiseen johtanut tekijä oli ohjelma. Ohjelmien osalta voidaan todeta, että suurin osa ohjelmista oli jäänyt ohjelmakierron aikana välille, eikä sen vuoksi toiminut vaaditulla tavalla. Kyseiset tilanteet saatiin korjattua normaalilla ohjelman nollauksella. Eniten PPK 5:lla ilmoituksia tehtiin käyttökohteesta: pastatärkkelysliimapumppu (VL-2577767) 10 ilmoituksella. Ilmoituksista 5 sisälsi laukeamisen, 2 sisälsi sähkömoottorin palamisen kyseiseltä toimintopaikalta ja loput liittyivät komponenttien rikkoutumiseen. Kyseisen käyttökohteen taajuusmuuttaja ilmoitti laukeamisten yhteydessä jumista. Kartoituksen perusteella voidaan todeta, että pumppukohteessa oli esiintynyt jumia taajuusmuuttajan mukaisen ilmoituksen perusteella, joka myös johti toistuviin laukeamisiin. Laukeamiset puolestaan saatiin korjattua toistuvilla kuittauksilla. Tässä tapauksessa varsinainen vikasyy (tukos) jäi nähtävästi tutkimatta tarkemmin ja näin voidaan olettaa, että sen seurauksena myös sähkömoottorin palamiset esiintyivät kyseisessä käyttökohteessa. Jatkuviin laukeamisissa hälytyskellojen pitäisi soida kunnossapidon puolella ja perimmäinen vikasyy olisi selvitettävä, jotta esimerkiksi moottoreiden palamisilta vältyttäisiin.

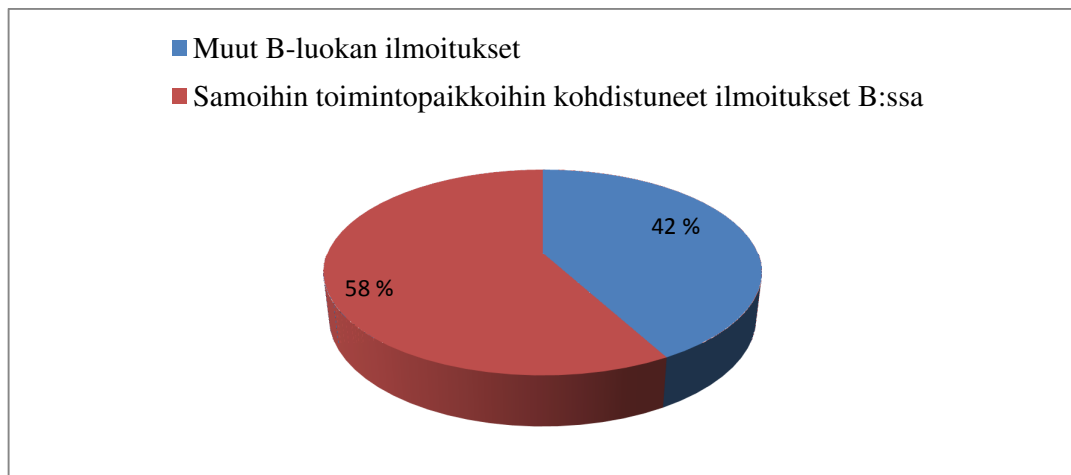


**Kuva 39 A ja B kriittisyysluokkien jakautuneisuus kaikista ilmoituksista**

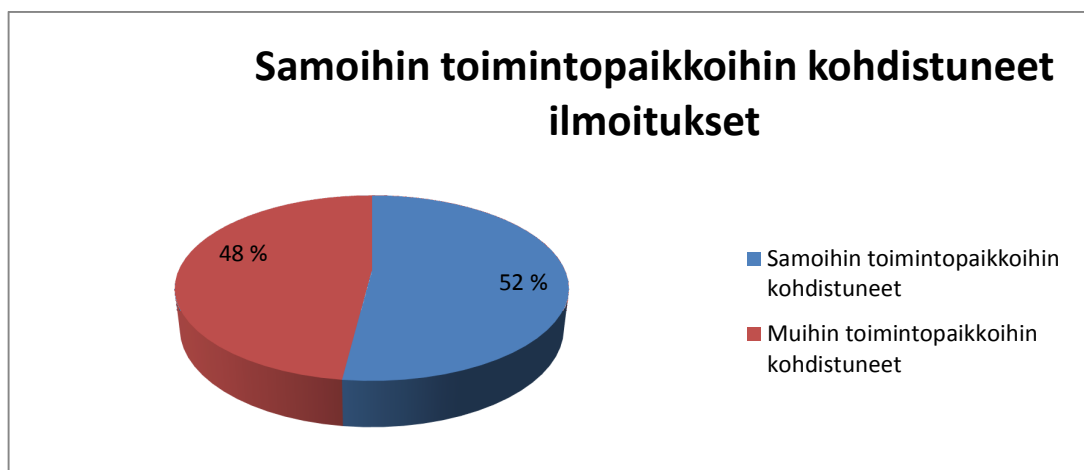




**Kuva 40 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset A-luokassa**



**Kuva 41 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset B-luokassa**



**Kuva 42 Samoihin toimintapaikkoihin kohdistuneet ilmoitukset kaikkien ilmoitusten osalta**

Kartoituksen mukaan noin 29 % (41 kpl) kaikista ilmoituksista kohdistui A-luokan kohteille ja loput 71 % (100 kpl) B-kriittisyysluokan moottorikohteille. (kuva 39) A-kriittisyysluokan 41 ilmoituksesta 18:sta ilmoitusta (44 %) kohdistui samalle toimintopaikalle (kuva 40). B-kriittisyysluokan 100 ilmoituksesta jopa 58 % (58 kpl) kohdistui samoille toimintopaikoille (kuva 41). 141 ilmoituksesta 74 ilmoitusta kohdistui samoille toimintopaikoille (kuva 42).

Päällystyskone 5:sta voidaan todeta, että kyseiselle konelinjalle tehtiin vähiten ilmoituksia verrattuna muihin koneisiin, kuitenkin ilmoitukset kohdistuivat eniten samoille toimintopaikoille verrattuna muihin koneisiin. Lopulliseen tulokseen vaikuttaa kuitenkin olennaisesti vuoden 2009 ilmoitusten puuttuminen. Kuitenkin ilmoitusten laatimisten väheneminen laski vuodesta 2010 vuoteen 2012 tasaisesti.

**Taulukko 19 TIPS kartoitustulokset PPK 5:lta**

PPK 5	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Yhteensä
Moottori paloi		414 min (2)		414 min = 6,9h (2)
Moottori rikki	54 min (13)	1 092 min (8)		1 146 min = 19,1h (21)
Yhteensä	54 min (13)	1 506 min (10)		1 560 min = 26h (23)

TIPS:stä ajettujen kartoitustuloksien mukaan PPK 5:n konelinja seiso (katko/seisokki, häiriöseisokit & force majeure) moottorikohteiden tarkastelun osalta yhteensä 26 tuntia. Eniten katkoksia tuotantoon aiheutti moottoreiden rikkoutuminen. Varsinaiset katkosten määrät moottorikohteiden osalta voidaan nähdä ryhmittäin taulukon 19 suluissa olevien lukujenarvojen osalta. PPK 5:lla moottoreista johtuneita eri katkoksia esiintyi yhteensä 23 kertaa.

## 4.8 Tulosten yhteenveto, analysointi ja johtopäätökset

**Taulukko 20 Kaikkien paperikoneiden moottorikohteiden toimimattomuuden syyt**

Syyryhmä	PK 1	PPK 1	PK 2	PK 3	PK 5	PPK 5	Yhteensä
Laukeaminen	132	49	100	30	58	43	412
Komponentti rikki	53	17	50	24	46	26	216
Laakerivika	46	21	31	18	6	5	127
Tarkistus	22	6	22	15	1	0	66
Syöttö	14	2	8	12	12	10	58
Prosessihäiriö	11	14	11	8	2	6	52
Ohjauspuoli	13	4	20	4	6	3	50
Voitelu	15	4	11	5	10	2	47
Ohjelma	4	3	15	8	4	9	43
Muu syy	3	6	14	5	12	0	40
Sähkömoottori paloi	10	0	14	9	3	2	38
Kaapelivika	6	4	7	11	5	3	36
Käämivika	4	4	9	12	3	2	34
Rajavika	8	3	7	8	0	7	33
Jäähdytys	4	2	9	3	12	2	32
Käyttövirhe	12	1	4	1	6	7	31
Asennus	0	6	0	7	10	8	31
Moottorin vaihto	8	13	2	6	0	0	29
Huolto	11	5	4	4	0	0	24
Parametrointi	5	2	0	0	4	4	15
Asennusvirhe	4	1	1	1	2	2	11
<b>Ilmoitukset yhteensä koneittain</b>	<b>385</b>	<b>167</b>	<b>339</b>	<b>191</b>	<b>202</b>	<b>141</b>	<b>1425</b>

Taulukkoon 20: on koottu kaikkien paperikoneiden moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneet tekijät yhteen tarkasteltavaksi. Taulukosta nähdään, että ilmoituksia laadittiin kaikkien paperikoneiden osalta eniten PK 1:n toimintopaikoilta (385 kpl) ja vähiten niitä laadittiin PPK 5:lta (141 kpl).

**Taulukko 21 Ilmoitusten prosentuaalinen muutos**

	PK 1	PPK 1	PK 2	PK 3	PK 5	PPK 5
<b>2009</b>	116	39	91	60		
<b>2010</b>					65	63
<b>2012</b>	96	39	125	44	62	37
<b>Ero +/- %</b>	<b>- 17</b>	<b>0</b>	<b>+ 27</b>	<b>- 27</b>	<b>- 5</b>	<b>- 41</b>

Vuosien 2009 – 2012 väliseltä ajalta suoritettun kartoituksen mukaan parhaiten ilmoituksia vähennettiin PPK 5 toimintoalueilta peräti - 41 %. Ilmoitusten vähenemistä havaittiin myös PK 5:lla - 5 %, PK 3:lla - 27 % ja PK 1:llä - 17 %. PPK 1:llä ilmoitusten laatimisien lukumäärä pysyi vakiona ja PK 2:lla ilmoitusten määrä nousi 27 %. PK 2:n osalta vika- ja toimenpideilmoitusten nouseminen voidaan selittää vuoden 2012 helmikuun aikana suoritettujen lämpökuvausten suorittamisella. Kartoituksessa PK 5:n ja PPK 5:n osalta lähtövuosi jouduttiin ottamaan vuodelta 2010, koska laadittuja ilmoituksia ei havaittu vuodelta 2009 lähes laisinkaan. (Taulukko 21).

**Taulukko 22 TIPS kartoituksen yhteenveto paperikonelinjoilta**

Konelinja	Katko/seisokki (BREAK)	Häiriöseisokit (UNPLANNED)	Force majeure (EXTERNAL)	Aika
PK 1	84min (6)	3 870min (27)	0 min	3 954min = 65,9h (33)
PPK 1	216 min (7)	1 068 min (7)	0 min	1 284 min = 21,4h (14)
PK 2	354 min (9)	1 836 min (12)	0 min	2 190 min = 36,5h (21)
PK 3	396 min (12)	2 124 min (13)	0 min	2 520 min = 42h (25)
PK 5	114 min (13)	5 724 min (28)	1 386 min (1)	7 224 min = 120,4h (42)
PPK 5	54 min (13)	1 506 min (10)	0 min	1 560 min = 26h (23)
<b>Yhteensä</b>	<b>1 218 min (60)</b>	<b>16 128 min (97)</b>	<b>1386 min (1)</b>	<b>18 732min = 312,2h (158)</b>

TIPS-kartoituksen mukaan eniten aikaa käytettiin moottoreista johtuvien katkosten osalta PK 5:lla yhteensä 120, 4 tunnin edestä. Vähiten sen sijaan tuhlatiin aikaa PPK 1 moottorikohteiden osalta, josta katkoksien aiheuttamaa aikaa kertyi kartoituksen mukaan 21,4 tunnin edestä. Kaikkien konelinjojen moottoreista aiheutuneet eri katkokset johtivat yhteensä 312, 2 tunnin mittaisiin katko aikoihin. Valtaosan koneiden välisistä seisokeista aiheutti moottorin palamiset sekä moottorien rikkotuminen (Taulukko 22).

SAP – järjestelmästä suoritettun kartoituksesta saamien tulosten perusteella kaikista yleisin vika- ja toimenpideilmoituksiin johtanut syy jokaisella paperikonelinjalla oli laukeaminen. Laukeaminen tapahtui lämpöreleen tai taajuusmuuttajan laukeamisesta. Laukeamisiin johtaneisiin juurisyihin oli ongelmallista päästä kiinni pelkkien ilmoitusten perusteella, mutta esimerkiksi aikoja tutkimalla pystyttiin päättämään, olivatko laukeamiset kertaluonteisia vai jatkuvia. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että kertaluonteiset laukeamiset johtuvat prosessista. Käynnistyksien yhteydessä moottorit voivat ottaa virtaa hetkellisesti normaalia enemmän ja laueta tämän seurauksena. Vastaavanlaisissa tilanteissa olisi syytä tarkastella hetkellisten ylivirta aikojen kestoisuutta erilaisissa

komponenteissa. Pumpputkäyttöisissä yksittäiset laukeamiset voivat johtua erilaisista tukoksista. Kuljettimien osalta erilaiset esteet tai ulkoiset tekijät voivat estää normaalin toiminnan ja aiheuttaa lämpöreleiden tai taajuusmuuttajien laukeamisen. Myös sekoittimien yksittäiset laukeamiset voidaan päätellä johtuvan pääasiallisesti liian suuresta hetkellisestä ylikuormasta. Sekoittimien osalta on syytä ottaa huomioon mahdollisten välitysten suhdetta ja niiden toimivuutta moottorikohteissa. Perussääntönä laukeamisten tapauksissa voidaan pitää, että kerran lauennut kohde voidaan kuitata normaalilla tavalla. Prosessikohde on kuitenkin tärkeää tutkia yleisellä tasolla. Toisen laukeamiskerran jälkeen on syytä perehtyä laukeamiseen johtaneeseen syyhyn tarkemmin esimerkiksi mittauksien avulla.

Komponentti rikki – luokittelu oli kaikista laajin kartoituksessa käyttämä luokittelukohde. Se oli kartoituksessa toiseksi yleisin häiriöön tai moottoreiden toimimattomuuteen johtanut syy. Erilaisia komponentteja rikkoutui tehtaalla suhteellisen paljon. Rikkoutumisten syihin oli monia syitä ja läheskään kaikkiin rikkoontumiseen johtaneisiin syihin ei pystytty kartoituksessa pääsemään käsiksi. Komponenttien rikkoutumisia aiheutti mm. normaali vanheneminen, vääränlaiset ajotavat, prosessiolosuhteet, väärät materiaalit sekä ulkoiset osumat. Eniten rikkoutuneita komponentteja esiintyi katkaisijoiden, turvakytkimien, lämpöreleiden ja kontaktoreiden osalta. Muita rikkotuneita komponentteja olivat mm:ssa pyörintävahdit, kortit, muuntimet, taajuusmuuttajat, kytkimet, erilaiset hihnat jne. Komponentti rikki – luokituksessa ei huomioitu ohjauspuolelle liittyviä komponentteja, eikä myöskään laakerivikoja, käämivikoja, kaapelivikoja, varokkeita sekä moottoreiden palamisia. Komponenttien rikkoutumisen seurauksena särkynyt komponentti vaihdettiin pääsääntöisesti uuteen vastaavanlaiseen malliin. Joissakin tapauksissa rikkoutunut komponentti vaihdettiin täysin uudenlaiseen komponenttiin. Kartoituksessa tehtyjen ilmoitusten osalta ilmeni myös tapauksia, joissa varastoissa ei ollut varaosia rikkoutuneiden tilalle. Tämä johti edelleen turhiin ajan tuhlaamisiin korjauksien suorittamisissa sekä laitteistojen uudelleen käyttöönnotossa.

Laakeriviat olivat kolmanneksi yleisin toimimattomuuteen johtanut tekijä moottoreiden osalta kun kartoituksessa huomioidaan kaikki paperikonelinjat. Laakeriviat johtuvat tavallisesti normaalista kulumisesta, voiteluaineiden toimimattomuudesta sekä yleisestä likaisuudesta johtuen. Käyttöhenkilöstön suorittamien kunnonvalvonta mittausten perusteella laakerivikoja pystyttiin ennakoidaan ja kunnonvalvonnan ohjeistuksen mukaisilla toimenpiteillä esimerkiksi lisävoitelulla saatiin moottorin vaihtoja pitkitettyä sei-

sokkeihin, ilman että ylimääräisiä katkoja syntyi tuotantoon. Laakerivikojen osalta moottorit poistettiin aina käyttökohteesta ja uusi moottori asennettiin entisen tilalle. Laakerivauriolliset sähkömoottorit lähetettiin ABB:lle moottorihuoltoon, jossa ne varsinaisesti korjattiin.

Neljänneksi yleisimmäksi työllistäjäksi moottoreiden osalta osoittautui erilaiset moottorikohteiden tarkistukset. Tarkistukset pitivät pääsääntöisesti sisällään lämpökuvauksia ja yleisiä tarkistuksia moottorikohteisiin liittyen. Kartoituksen mukaan syöttöön liittyvät ongelmat olivat heti tarkistuksien jälkeen viidenneksi yleisin tekijä, joka aiheutti häiriötä moottorikohteissa. Syöttöön liittyvät ongelmat johtuivat pääsääntöisesti varokkeiden palamisista tai katkaisijoiden toimimattomuudesta. Kartoituksessa ilmeni myös se, että varokkeiden palamisia tapahtui hyvin paljon samoilla toimintapaikoilla. Toistuvien varokkeiden palamisissa on syytä tarkistaa selektiivisyys kyseisien piirien komponenttien osalta. Myös sulakkeiden tyypeillä (nopeat/hitaat), kaapeleiden mitoittamisilla ja muiden komponenttien kuten lämpöreleiden mitoittamisella on vaikutusta sulakkeiden toimintaan. Varokkeiden palamisiin vaikuttavat olennaisesti piirin käynnistysajat sekä mahdolliset oikosulut. Syötön jälkeen kuudenneksi yleisimmäksi moottoreiden toimimattomuuksiin johtaneisiin syyksi osoittautuivat erilaiset prosessihäiriöt. Prosessihäiriöt johtuivat pääsääntöisesti tukoksista, liasta ja jumeista. Ilmoitusten puutteellisuuden vuoksi luku on oletettavasi suurempi nykyiseen kartoitustulokseen verrattuna. Prosessihäiriöissä merkitseväksi tekijäksi nousee käyttöhenkilöstön huolehtiminen laitteiden ympäristöolosuhteista.

Ohjauspuolen viat osoittautuivat kartoituksessa seitsemänneksi yleisimmäksi moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneisiin syihin. Ohjauspuolen viat käsittivät yleisesti ottaen kaikki ne komponentit, jotka liittyivät ohjauspuolelle. Sen lisäksi ohjauspuolen vioissa esiintyi huomattavan paljon löysävikoja, jotka olivat aiheuttaneet monia laukeamisia tai muita häiriöitä. Yleisimmät ohjauspuolella rikkoutuneet komponentit olivat välireleet. Välireleiden rikkoontumisen yleisimpinä syinä olivat toistuvat koskettimien kytkentäkerrat ja niiden seurauksena syntyneet kipinöinnit (normaali vanheneminen) tai suoranaiset koskettimien yhteen hitsaantumiset. Välireleiden tapauksissa on syytä tarkastella komponenttien soveltuutta kohteisiin ja korostettavaa on huomioida koko ohjauspiirin suojaaminen rikkoutumisten ehkäisemiseksi. Voiteluun liittyvät viat aiheuttivat ohjauspuolen vikojen jälkeen kahdeksanneksi eniten ehkäiseviä ja korjaavia toimenpiteitä moottorikohteille. Tyypillisesti voiteluun liittyvät ilmoitukset oli tehty kunnonval-

voijien toimesta. Voiteluun liittyvät ilmoitukset sisälsivät myös ilmoituksia liiasta voitelusta, voiteluaineiden puutteellisuudesta, voitelukomponenttien rikkoutumisesta sekä rotametreihin liittyvistä hälytyksistä. Voitelun jälkeen yhdeksänneksi suurin syyryhmä oli automaatiojärjestelmien ohjelmatoimintaan liittyvät tapaukset. Ohjelmaan liittyvät viat koostuivat pääsääntöisesti sekvenssien välille jäämisestä, ohjelmamuutoksista sekä ohjelmakorjauksista. Sekvenssien välille jäämisissä on yleensä kyse jonkin laitteen heikentyneestä toimintakunnosta.

Muu syy – luokka oli kymmenenneksi yleisin syyryhmä kartoituksessa. Kyseiseen luokitukseen valittiin kaikki ne tekijät, joita ei voitu selkeästi määritellä muihin kartoituksessa oleviin ryhmiin. Pääasialliset syyt olivat mm. erilaiset siivoamiset moottorikohteissa sekä häiriöt moottoreissa, joille ei löytynyt selkeää häiriön aiheuttajaa. Sähkömoottoreiden palamisia tapahtui tehtaalla yhdenneksitoista eniten. Varsinaisia syitä moottoreiden palamisiin ei pystytty analysoimaan vika- ja toimenpideilmoitusten perusteella. Muutamissa ilmoituksissa ilmeni, että moottorit olivat kastuneet massan ja veden seurauksena ja sen vuoksi myöhemmin myös palaneet. Kaapeliviat olivat kartoituksessa kahdenneksitoista yleisin vikaan johtanut syy. Kartoituksessa ilmeni, että valtaosa kaapelivioista esiintyi myös samoilla toimintopaikoilla. Kaapeliviat johtuivat usein ulkoi-  
sesta osumasta, niiden murtumisesta tai niiden liitokset olivat irronneet kiinnityksestä. Käämivikoja esiintyi kartoituksen mukaan kolmanneksitoista eniten. Käämiviat syntyvät yleisesti ottaen puutteellisesta jäähdytyksestä, moottoreiden kastumisesta tai siitä, että käämien lakkapinnat olivat kuluneet. Myös toistuvat käynnistykset ja komponenttien normaali vanheneminen johtavat ajan saatossa käämivikoihin.

Rajaviat osoittautuivat kartoituksessa neljänneksitoista yleisimmäksi syyryhmäksi moottorikohteiden toimimattomuuksille. Rajaviat esiintyivät pääsääntöisesti samoissa käyttökohteissa. Yleensä raja oli irronnut käyttökohteesta ja sen seurauksena aiheuttanut häiriöitä moottoreiden toiminnassa. Rajavikoja esiintyi pääasiallisesti eri kuljettimissa sekä huuvan nosto-ovien yhteyksissä. Rajavika tapaukset ovat selkeitä ohjeistaa muutettavaksi tai tarkistettavaksi tarpeen vaatiessa. Jäähdytykseen liittyviä ilmoituksia esiintyi rajavikojen jälkeen viidenneksitoista eniten kaikista ilmoituksista. Jäähdytykseen kuuluvat viat johtuivat yleensä moottoreiden jäähdytysritilän tukkeutumisesta. Kartoituksessa ilmoitetuista laukeamisista osa voidaan yhdistää jäähdytyksen puutteellisuuteen. Huonon jäähdytyksen vuoksi monet moottorit laukeilevat. Myös erityistä tarkkuutta tulisi kiinnittää moottoreiden pyörimisnopeusalueisiin. Moottoreille on olemassaan suo-

sitellut käyttöalueet, joilla moottorin tulisi pyöriä. Mikäli moottoreita ei voida pyörittää suositelluilla kierrosnopeusalueilla, olisi kohteelle syytä järjestää ulkopuolinen jäähdytys. Myös moottorikohteille tehtävissä muutostöissä esimerkiksi välityksiä muunneltaessa olisi syytä tarkistaa moottorin pyörimisnopeudet muutosten jälkeen uudelleen, jotta varmistutaan siitä, että jäähdytys on toimiva.

Myös käyttövirheitä esiintyi kartoituksen mukaan jonkin verran. Se oli kuudenneksitoista yleisin syy moottorikohteiden toimimattomuuksiin johtaneista tekijöistä. Käyttövirheistä voidaan sanoa, että suurin osa johtui seisokkien jäljiltä jääneistä NET – tilan laitteista. Tuolloin turvakytkimet ja katkaisijat olivat jääneet nollaenergiatiloihin ja sen seurauksena käyttöpuoli oli tehnyt ilmoituksia moottoreiden toimimattomuuksista. Käyttövirheissä esiintyi myös muita inhimillisiä erehdyksiä prosessin ajoon liittyen. Asennukseen liittyvät toimenpiteet olivat seitsemänneksitoista yleisin moottorikohteiden toimimattomuuksiin johtanut toimenpide. Asennuksissa korjailtiin, muuteltiin, siirrettiin komponentteja, kytkettiin syöttöjä ja poistettiin syöttöjä. Kahdeksanneksitoista yleisimmäksi osoittautuivat moottorin vaihdot. Kyseiseen luokitukseen huomioitiin vain ja ainoastaan ne tapaukset, joissa moottoreiden vaihdon varsinaiseen syyhyn ei päästy tarkemmin kiinni.

Kolmanneksi vähiten toimimattomuuksia moottorikohteissa aiheutti erilaiset huoltotoimenpiteet moottorikohteissa. Parametrointiin liittyviä vikoja esiintyi kartoituksessa myös jonkin verran. Parametrointi oli kartoituksessa toiseksi vähiten häiriötä aiheuttanut tekijä. Parametroinnit käsittivät kartoituksessa ainoastaan taajuusmuuttajien parametroiintiin liittyviä muutoksia tai korjauksia. Yleensä kyse oli jonkin arvon muuttamisesta, korjaamisesta tai niiden päivittämisistä. Vähiten moottorikohteiden toimimattomuutta aiheuttivat kartoituksen mukaan asennusvirheet. Liitteessä 1 on esitetty ABB:n julkaisema moottoreiden vianetsintäkaavio, joka voi olla kunnossapidolla apuna tulevis-  
sa moottoreiden toimimattomuuksiin johtaneissa ongelmatilanteissa.



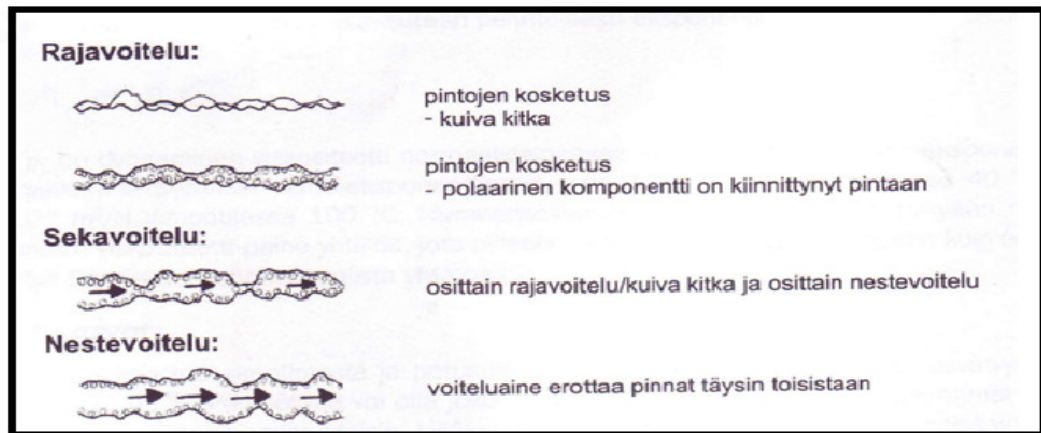
## 5 MOOTTOREIDEN KUNNOSSAPITO

Veitsiluodon paperitehtaalla voiteluaineiden ja moottorikohteiden kunnonvalvonnan kanssa ollaan pääasiallisesti tekemisissä voiteluhuollon, käsirasvaajan, käyttöhenkilöstön, mekaanisen kunnossapidon sekä kunnonvalvonnan työntekijöiden osalta. Jokaisella osastolla on omanlaiset työtehtävät sähkömoottoreiden, vaihteiden, pumppujen ja puhaltimien osalta. Jokaisen kunnossapitoryhmän avulla moottoreiden ja muiden komponenttien toimintakuntoa sekä niiden voitelun toimivuutta pidetään päivittäin toimintakuntoisena.

### 5.1 Voitelu osana kunnossapitoa

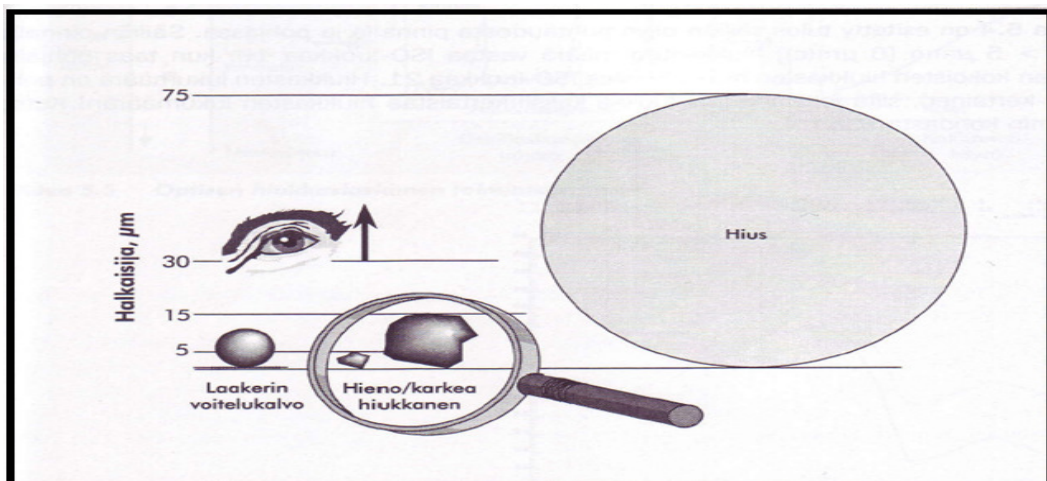
Ilman voitelua voideltavat kohteet eivät toimi normaalilla tavalla. Voitelun merkitystä ja sen toimivuutta on myös käytännössä hyvin vaikeaa arvioida. Kun tuotantolinjat pyöriivät normaalisti ja eri tuotantolinjojen laitteet toimivat moitteettomasti ei tule ajatelleeksi, että voitelukin täytyy silloin toimia jollain tapaa. Voitelua ja sen toimivuutta pidetäänkin monesti itsestäänselvyytenä, vaikka se ei sitä olekkaan. Voitelu on yksi merkittävä osa kunnossapitoa, joka takaa laitteiden normaalin toiminnan. Voitelu on asettanut ja tulee asettamaan tulevaisuudessakin suuria haasteita yrityksille kunnossapidon osalta. Voiteluun panostamalla, niin kuin kaikkiin muihinkin laitteistojen osiin tai niiden ennakkohuoltoihin voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä kunnossapidon ja tuotannon kannalta. Panostamalla voiteluun ja sen toimivuuteen tuottaa se nopeammin ja pienemmällä vaivalla säästämisiä, kuin kehittämällä muita laitteiston osa-alueita viimeiseen asti.

Kun teollinen kehitys pari sataa vuotta sitten käynnistyi, tarvittiin yhä enemmän ja parempia voiteluaineita. 1800-luvun puolivälissä huomattiin, että mineraaliöljytisleet soveltuivat paremmin voitelutarkoituksiin kuin eläin- ja kasvipäiset aineet. Nykyään voiteluaineiden suosioon ovat nousseet erilaiset synteettiset voiteluaineet. Voiteluaineiden suorituskykyä sekä luotettavuutta on myös olennaisesti parannettu voiteluaineiden sisältämien lisäaineistuksien avulla. Voiteluaineiden kehityksen ohella myös voitelumenetelmiä on paranneltu teollisuudessa. Tämän päivän teollisuudessa on olemassa erilaisia automaattisia voitelujärjestelmiä, jotka ovat vähentäneet voideltavien kohteiden voitelua käsin, mutta samalla ne ovat tuoneet lisää ennakkohuoltotarpeita järjestelmiin liittyen. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 90)



**Kuva 43 Voitelumekanismit (Teollisuusvoitelu 2006, 20, hakupäivä 12.3.2013)**

Teollisuudessa laitteet toimivat tyypillisesti vain noin  $0.3\text{--}2.0\mu\text{m}$  voitelukalvon varassa. Siksi pienetkin epäpuhtaudet haittaavat ratkaisevasti voitelutilannetta rikkoen voitelukalvon ja alentaen voideltavan kohteen käyttövarmuutta ja elinikää. Laakerit ovat teollisuudessa kaikista yleisin voideltava komponentti. Laakereiden oikeanlaisella voitelulla pystytään vaikuttamaan merkittävästi tuotannonkustannuksiin, kunnossapitokustannuksiin sekä laitteiden yleiseen käyttövarmuuteen. Voitelussa pyritään aina nestevoiteluun, joka on paras mahdollinen voitelumekanismi. Nestevoitelussa pinnat eivät kosketa toisiaan ja kuluminen on olematonta. Kuitenkaan tähän nestevoiteluun ei aina kyetä, jonka vuoksi joudutaan pelaamaan seka- ja rajavoitelu alueilla (kuva 43). Kuvassa 44 on havainnollistettu kuinka pienistä epäpuhtauksista voi olla kyse voitelun toimivuuden kannalta. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 20, 21 114)



**Kuva 44 Hiukkaskokojen vertailua (Teollisuusvoitelu 2006, 117, hakupäivä 12.3.2013)**

*”Jokaisella koneenosalla on omat erityispiirteensä voitelua ajatellen, mutta tietyt keskeiset muuttujat, kuten kosketuksen geometria, kosketuspaine, materiaalin kitka- ja kulumisominaisuudet, elastisuus, lämmönjohtavuus, ja pinnanlaatu yhdessä käyttöolosuhteiden (nopeus, kuormitus, kosteus, epäpuhtaudet), voiteluaineen ominaisuuksien (viskositeetti, lisäaineistus, paineriippuvuus), asennuksen ja huollon kanssa muodostavat kokonaisuuden, joka hallitsee kosketuksessa muodostuvaa lämpötilaa, kitkaa ja kulumista. Suunnittelun yhteydessä määritetään tämä tribologinen vuorovaikutusympäristö, jonka tavoitteena on saada kokonaisuus toimimaan hallitusti. Kosketuksen eri ominaisuuksia kuten kuormankantokykyä, kitkaa tai lämpötilaa voidaan optimoida tapauskohtaisesti tarpeen mukaan. Suunnittelijan on käsitettävä voiteluaine eräänä merkittävänä konstruktion osana” (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 41)*

Paperieollisuuden moottorikohteet ovat käyttöolosuhteiltaan hyvin poikkeavia normaalisti tasapainoisesta tilasta. Paperitehtaalla on kohteita, joissa voideltavat laakerit toimivat hyvin kuumissa ja kosteissa ympäristöissä, esimerkiksi paperikoneiden ”huuvissa” sijaitsevilla käyttökohteilla. Kuumien ja kosteiden paikkojen lisäksi on olemassa paljon kohteita, jotka ovat toistuvasti alttiina mitä erilaisimmille likaantumisille. Myös Suomen poikkeukselliset sääolosuhteet asettavat haasteita voiteluaineille, esimerkiksi talvella kovien pakkasten aikaan. Voiteluaineen valitsemisessa on syytä huomioida moottoreiden pyörintänopeudet ja niiden kuormitukset. On selvää, että voiteluaineiden valitsemisessa on monia huomioon otettavia asioita, joita tulee huomioida ennen kuin voidaan löytää parhaiten soveltuva vaihtoehto voiteluaineiden joukosta.

*”Voiteluaineen tärkeimpiä tehtäviä:*

- *erottaa pinnat toisistaan*
- *pienentää kitkaa ja siitä aiheutuvaa häviötehoa*
- *vähentää kulumista*
- *jäähdyttää kosketusta*
- *estää epäpuhtauksien tulo voideltavaan kohteeseen*
- *kuljettaa epäpuhtaudet ja kulumishiukkaset pois*
- *vaimentaa värähtelyä*
- *suojata osia korroosiolta” (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 12)*

Puutteellisella tai huonolla voitelulla koneiden eliniät pienenevät, niiden suoritustehokkuus laskee, tai ne rikkoutuvat kokonaan, tuotantolinjat seisovat ja energiaa tuhlaamaan.

Toimiva kokonaisvoitelu on todella haasteellinen tehtävä suoritettavaksi. Voiteluaineet ja niihin liittyvät ennakkohulito toimenpiteet ovat merkittävä osa kunnossapitoa, josta löytyy vielä paljon parannusmahdollisuuksia. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että voiteluun liittyvässä kunnonvalvonnassa olevat ja siitä päättävät henkilöt tekevät oikeita ratkaisuja. Se on mahdollista vain ja ainoastaan, kun henkilöstön tietotaito on ajan tasalla ja tietoa viimeisimmästä alan tuotekehityksestä on olemassa. Alaan liittyvä monipuolisuus edellyttää henkilöstöltä tiedon hallinnan lisäksi laaja-alaista ja elinikäistä koulutautumista ja siitä huolimatta sen asian toteuttamista, että alan täydellinen hallinta on mahdollista. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 180)

### 5.1.1 Voitelutapoja

Teollisuuden keskuuteen on kehittynyt vuosien saatossa useita erilaisia voiteluaineita ja menetelmiä, jotka kukin soveltuvat omanlaisiin käyttötarkoituksiinsa. Voiteluaineet voidaan jakaa karkeasti kolmeen pääryhmään:

- voiteluöljyihin
- voitelurasvoihin
- kiinteisiin voiteluaineisiin.

Valtaosa paperiteollisuudessa suoritettavista voiteluista moottorikohteille suoritetaan voitelurasvojen avulla, joko automaattisen järjestelmän tai käsirasvaajan toimesta. Voiteluöljyjä hyödynnetään kietovoitelu kohteissa sekä joissakin moottorikohteissa. Kiinteitä voiteluaineita käytetään erittäin kuluttavissa käyttökohteissa, joissa muilla menetelmillä ei kyetä turvaamaan riittävää voitelun tasoa. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 55, 68, 72)

### 5.1.2 Voiteluöljyt

Voiteluöljyt ovat kaikista yleisin voiteluryhmä. Ne ovat suurimmaksi osaksi nestemäisiä niiden olomuodoltaan ja ne ovat yleensä koostumukseltaan öljypohjaisia. Voiteluöljyjen perusöljynä käytetään joko mineraali-, kasvis- tai synteettisiä öljyjä. Näiden lisäksi uutena voiteluöljynä ovat ns. VHVI – tyyppin tuotteet, joiden ominaisuudet pääsääntöisesti sijoittuvat synteettisten ja mineraaliöljyjen välimaastoon. Jokaisella raaka-aineella on olemassa niiden hyvät ja huonot puolensa. Valtaosa teollisuuden voiteluaineista pohjau-

tuu nykyään perinteisiin mineraaliöljyihin. Teollisuuden sisällä käytetään paljon erilaisissa kohteissa, erilaisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettuja voiteluöljyjä. Voiteluöljyt ovat erilaisten perusöljyjen ja lisäaineiden seoksia. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 55, 58, 59, 61)

Seuraavassa on lueteltu eri perusöljyseoksia:

### Mineraaliöljyt

Mineraaliöljyt valmistetaan raakaöljystä tyhjiötislaamalla sekä puhdistamalla, eli siinä ei ole keinotekoisesti tuotettuja ainesosia laisinkaan. Mineraaliöljyjä käytetään hyvin paljon erilaisissa laitteissa ja koneissa. Sen yleisiä käyttökohteita teollisuudessa ovat mm. vaihteistoöljyt, hydraulikkaöljyt, kompressorioöljyt sekä muuntajaöljyt. Myös moottoriöljyjen perusöljynä käytetään hyvin usein mineraaliöljypohaista öljyä, johon on lisätty eri lisäaineita. Normaalilämpöisissä olosuhteissa mineraaliöljyt pärjäävät hyvin, mutta lämpötilan kasvaessa tai kylmetessä ei mineraaliöljyt enää sovellu niin hyvin käyttökohteisiin. Mineraaliöljyt voidaan edelleen jakaa kahteen eri kategoriaan: parafiinisiin ja nafteenisiin. Suurin osa mineraaliperustaisista öljyistä on tehty parafiinisia perusöljyistä. Kuvassa 45 on esitetty parafiinisten ja nafteenisten mineraaliöljyjen ominaisuuksia. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 55, 56, 57)

**Taulukko 3.2 Parafiini- ja nafteenipohjaisten mineraaliöljyjen ominaisuuksia.**

Ominaisuus	Parafiiniset	Nafteeniset
Viskositeetti-indeksi	kohtalainen	huono
Käyttäytyminen kylmässä	kohtalainen	hyvä
Lisäaineiden liuotuskyky	kohtalainen	voimakas
Kumitiivistemateriaalien kestävyys	neutraali	huono

**Kuva 45 Parafiini- ja nafteeniperustaisen mineraaliöljyjen vertailu (Teollisuusvoitelu 2006, 56, hakupäivä 12.3.2013)**

## Synteettiset perusöljyt

Synteettiset perusöljyt ovat yleisesti ottaen mineraaliöljyjä parempia voiteluaineita, sillä ne ovat pidemmälle jalostettuja. Synteettisen perusöljyn sisältämät hiilivety-yhdisteet ovat paljon tasalaatuisempia ja kokoisempia verrattuna mineraaliöljyihin. Synteettiset öljyt ovat myös hintatasoltaan kalliimpia kuin mineraaliöljyt. Synteettisillä öljyillä saavutetaan erinomaisia kylmäomiasuuksia käynnistyvyyksien ja voitelun osalta kylmissä olosuhteissa. Sen lisäksi ne omaavat erinomaiset kuumaominaisuudet kuten hapettumiskestävyys, alhainen haihtuvuus sekä pienet öljynkulutukset. (Teboil:n www-sivut 2013, hakupäivä 24.2.2013)

## Kasvisöljyt

Kasvisöljyt ovat ns. triglyseridejä ja luonnon estereitä. Pääasiallisesti kasvisöljyjä käytetään raaka-aineina voiteluaineissa, jotka ovat biohajoavia. Kasvisöljyjen etuina ovat mm. hyvät kitkanominaisuudet, korkea leimahduspiste sekä sen hyvä biohajoavuus. Huonoina puolina se sisältää mm. heikon hapettumisenkeston, pysyvän jähmettymisen kylmässä, käyttöiän lyhyden, käyttölämpötilojen rajoittuneisuuden sekä harsiintumisen muodostumisen koneiden pinnoille. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 61)

Kuvassa 46 on esitetty eri perusöljyjen vertailua keskenään.

	Viskositeetti-lämpötila-käyttäytyminen	Kulumissuoja	Käikkäkäyttäytyminen	Vaikutus mooleihin	Vaikutus tiiviste-materiaaleihin	Sekoittuvuus mineraaliöljyyn	Kylmäkäyttäytyminen	Hapettumiskestävyys korkeissa lämpötiloissa	Syntyvyys	Suhteellinen hinta
Mineraaliöljy	0	0	+	+++	+++		0	0	-	1
VHVI	++	++	++	+++	+++	+++	+	++	-	4
Polyalfaolefiinit	++	0	+	+++	++	+++	++	++	-	5
Alkyylibentseenit	0	0	+	+++	+++	+++	+	0	-	4
Diesterit	++	0	+	-	0	+	+	+	0	5
Polyliesterit	++	0	++	-	0	0	++	+++	0	5
Polyglykolit	++	+++	+++	+	+	-	+	+++	0	6
Fosforihappestierit	-	++	++	-	0	-	0	+	++	6
Silikoniöljyt	+++	-	-	++	+++	-	+	+	+	40
	+++ erinomainen			++ erittäin hyvä		+	hyvä	0 välttävä	- huono	

**Kuva 46** Eri perusöljyjen vertailua keskenään (Teollisuusvoitelu 2006, 74, hakupäivä 12.3.2013)

### 5.1.3 Voitelurasvat

Voitelurasvoilla on vakiintunut asema teollisuuden toiseksi yleisimpänä voiteluryhmänä heti voiteluöljyjen jälkeen. Tämän päivän voitelurasva koostuu perusöljystä ja siihen huonosti liukenevasta saentimesta. Perusöljyn ja saentimen lisäksi se sisältää sen suorituskyykyyn, kestoikään ja esimerkiksi sen väriin vaikuttavia lisäaineita. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 68)

Voitelurasvojen perusöljy muodostaa pääosan rasvan koostumuksesta (noin 90 %) ja sillä on hyvin suuri merkitys rasvanvoiteluominaisuuksiin. Voitelurasvan valinta lähtee yleensä siitä, että rasvan perusöljyn viskositeetin on oltava lähes yhtä suuri kuin vastaavatyypin öljyvoideltuun kohteeseen valittavan voiteluöljyn viskositeetti. Voitelurasvojen perusöljynä voidaan käyttää joko erilaisia mineraaliöljyjä tai synteettisiä öljyjä, riippumatta niiden käyttötarkoituksesta. Valtaosa nykyisistä teollisuudessa käytettävistä rasvoista perustuu edelleen mineraaliöljyihin, mutta synteettisiin voiteluaineisiin perustuvat rasvat yleistyvät etenkin kylmissä ja kuumissa käyttökohteissa. Synteettiset perusöljyt tarjoavat parempaa suorituskyykyä kuin mineraaliöljyt nimenomaan paremman viskositeetti-indeksinsä ja kylmissä oloissa paremman juoksevuutensa ansiosta, mutta ne ovat myös huomattavasti kalliimpia. Synteettisten rasvojen yleistymistä onkin hidastanut niiden korkeampi hintataso. Vaadittaessa korkean lämpötilan kestoa voiteluaineelta, kannattaa suosia silikoniöljypohjaisia sekä fluoripohjaisia rasvoja, koska ne sallivat jopa yli 200 asteen käyttölämpötiloja. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 69, 70)

Voitelurasvojen toisen perusrakenneosan muodostaa niin sanotut saentimet. Saentimina käytetään metallisaippuista, metallikompleksisaippuista, orgaanisia ei-saippuayhdisteitä tai epäorgaanisia yhdisteitä. Edellä mainittujen ”saippua” nimitys viittaa emäksiseen aineeseen. Voitelurasvojen saentimien tehtävänä on osallistua perusöljyjen ohella varsinaiseen voiteluun, mutta se on samalla pehmeisiin epäpuhtauksiin rinnastettava komponentti. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 70)

Rasvavoitelu on kaikista yleisin tapa vierintälaakereissa. Sen tyypillisiä käyttökohteita ovat teollisuudessa käytetyt keskipakopumput. Rasvavoitelua tavataan myös hitaasti pyörivissä liukulaakereissa, hitaasti pyörivissä hammaskosketuksissa sekä edestakaista liikettä tekevissä akselitapeissa. Rasvavoitelu suoritetaan käyttökohteeseen joko kerta-voiteluna tai keskusvoitelujärjestelmän avulla. Rasvan sisältämä öljy on sitoutuneena

saentimeen, eikä se virtaa voitelukohteesta samalla tavalla kuin öljyvoitelussa. Rasva-voitelussa ei ole edellytyksiä täydelliseen nestevoiteluun, vaan se toimii sekavoitelun alueilla. Rasvavoitelussa voiteluaine ei kuljeta lämpöä pois laakerista kuten se öljyvoitelussa tapahtuu. Rasvavoitelussa lämpö poistuu sen sijaan säteilemällä tai johtumalla akselia pitkin muihin rakenteisiin. Korkeissa lämpötiloissa ja suurilla pyörimisnopeuksilla rasvavoitelun osalta joudutaan tekemään erikoisjärjestelyjä. Korkeissa lämpötiloissa rasvan kiinteys tulee sen verran alhaiseksi, että se ei pysy enää laakerissa ja rasvan voitelukyky menettää toimivuuttansa. Rasvavoidelluissa laakereissa voidaan erottaa voitelun kannalta kolme hallitsevaa mekanismia: perusöljyn erottuminen sideaineesta, rasvan kulkeutuminen vierintäelimien avulla pidikkeestä kosketuskohtaan ja tärinän aiheuttama rasvan liike laakerissa. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 38)

#### **Rasvavoitelun hyviä puolia:**

- yksinkertainen ja halvempi rakenne
- vähemmän vaativissa käyttökohteissa ei vaadita jälkivoitelua
- tiivistäminen vettä, epäpuhtauksia ja poisvalumista vastaan yksinkertainen
- yleensä alhaisempi kitka ja käyntilämpötila
- soveltuu hyvin kaltevien ja pystyssä olevien akseleiden laakerointiin.

#### **Rasvavoitelun huonoja puolia:**

- siirtää huonosti lämpöä
- suurin sallittu pyörimisnopeus yleensä alhaisempi
- sallittu käyttölämpötila-alue kapeampi
- epäpuhtauksia ei voida suodattaa pois
- voiteluaineen syötön toimivuutta vaikea todeta. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 39)

#### **5.1.4 Kiinteät voiteluaineet**

Voiteluöljyjen sekä voitelurasvojen lisäksi on olemassa ns. kiinteitä voiteluaineita. Kiinteitä voiteluaineita käytetään äärimmäisissä olosuhteissa, joissa nestemäisillä voiteluaineilla ei enää päästä tyydyttäviin tuloksiin. Kyseisiä voiteluaineita käytetään pääasiallisesti olosuhteissa, joissa on hyvin korkeat tai matalat lämpötilat, suuret ominaiskuormitukset, pienet liukunopeudet sekä ympäristövaikutuksia aiheuttavat tekijät kuten hapot, säteily ja voimakkaasti vaikuttavat olosuhteet. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 72)



Grafiitti on yksi kiinteisiin voiteluaineisiin lukeutuva voiteluaine. Se on rakenteeltaan hyvin puhdasta ja pulverimaista (hiukkaskoko  $1\mu$ ) ainetta, joka omaa korkean lämpötilakestoisuuden. Normaalioloissa grafiitti kestää 400 asteeseen asti, kun lämpötila nousee 500 asteeseen se palaa hiilidoksidiksi. Grafiitin kitkaa pienentävä vaikutus johtunee sen kerroksellisesta kiderakenteesta. Toinen grafiitin kaltainen kiinteä voiteluaine on molybdeenisulfidi ( $\text{MoS}_2$ ). Se on myös rakenteeltaan kideäinen ja se mahdollistaa hyvin pienet kitka-arvot rajakitkaolosuhteissa. Muita kerroksellisen kiderakenteen kaltaisia kiinteitä voiteluaineita ovat mm. booraksi, kadmiumkloridi, boorintridi sekä sinkkistearaatti. Useilla muoveilla, esimerkiksi polytyleenillä ja polytetrafluorietyleenillä (PTFE), on hyvin pieni kitkakerroin teräspintoja vasten. Tämän vuoksi edellä mainittuja muoveja käytetään kuivakäynnillä käyviin laakerointeihin tarkoitettuja laakereiden raaka-aineina ja pulverimaisina aineina tahnamaisissa ja nestemäisissä esikäsitteilyaineissa. Kiinteät voiteluaineet kulkeutuvat yleensä voitelukohteeseen lietteenä kantonesteessä. Tämä voitelutapa edellyttää kuitenkin sitä, että liete on stabiilia rakenteeltaan. Tavallisimmin kiinteitä voiteluaineita käytetään avohammaspyörissä, raskaasti kuormitetuissa nivelissä sekä liukupintojen rajavoitelukohteissa. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 72, 73, 74)

## 5.2 Voiteluun vaikuttavia tekijöitä

Voitelun ja voiteluaineiden kuntoon vaikuttavia tekijöitä on olemassa hyvin paljon. On olemassa tekijöitä, jotka vaikuttavat suoraan voitelun toimivuuteen sekä voiteluaineiden kuntoon, esimerkiksi ympäristötekijät, kuormitus tai vaikkapa laitteiden ja kojeiden väärä ajotapa. Edellä mainittujen lisäksi on olemassa myös sellaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat epäsuorasti. Tällaisia ovat mm. yrityksen toimintatavat ennakkohuoltojen osalla sekä korjaustoimenpiteissä. Myös erilaiset raportoinnit, koulutuksen taso ja laatu sekä puutteellinen voiteluhuolto vaikuttavat olennaisesti voitelun toimivuuteen. On selvää, että epäpuhtaudet voiteluaineissa, olivatpa ne sitten kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia, ovat haitallisia voitelun toimivuudelle. Täydelliseen puhtauden ylläpitoon on teollisuudessa mahdotonta päästä, mutta yleistä puhtaustasoa voidaan parantaa pienilläkin toimenpiteillä. Voitelun kehittäminen lähtee liikkeelle siitä, että tunnistetaan ne tekijät jotka vaikuttavat voitelun kuntoon ja toimivuuteen.

### 5.2.1 Siisteys ja järjestys

Varmasti kaikista merkittävien olosuhdetekijä voitelun toimivuuden takaamiseksi on, että paikat ovat siistejä ja kaikki laitteet sekä muut tavarat pidetään järjestyksessä siellä, missä niiden kuuluukin olla. Paperitehtailla prosessikohteet ovat monesti hyvinkin likaisia, johtuen suuresta määrästä erilaisia prosessiaineita. Paperikoneiden ympäristöstä voi löytää helposti paperikatkosten jälkeen jääneitä paperijäämiä. Lisäksi erilaiset leikkurit tuovat ilmaan paljon paperipölyä, jota löytyy paperikonesalista. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 114)

Tehokkain ja taloudellisin toimintatapa voitelun puhtaustason ylläpidossa on epäpuhtauksien pääsyn estäminen eri järjestelmiin. Epäsiistissä ja sotkuisessa ympäristössä voiteluun liittyvien ongelmien ohella esiintyy myös muita ongelmia, jotka kuluttavat kohtuuttomasti resursseja. Paperikoneiden katkoissa on todella tärkeää siivota paperinpalaset pois paperikoneradalta sekä muualta, koska ne voivat aiheuttaa myöhemmin ongelmia. Paperinpalasten jäätyä paperikoneradalle voi suuren lämpötilan ja kitkan seurauksena esiintyä myöhemmin esimerkiksi tulipaloja. Tulipalot voivat edelleen aiheuttaa turhia tuotannonseisokkeja ja ne kuluttavat resursseja sekä kallista tuotannollista aikaa. Päälystyspaperikoneilla ja sellaisissa ympäristöissä, jotka sisältävät paljon kemikaaleja ja niiden säiliötä, voi lattioiden ympäristöstä löytyä prosessiaineita. Mikäli prosessiaineita pääsee kulkeutumaan säiliöistä lattioille, on huolehdittava siitä, että kemikaalit puhdistetaan huolellisesti kanaaleihin ja pois moottorikohteista sekä muista voiteluun liittyvien osien läheisyydestä. Kuvasta 47 nähdään kuinka paperimassaa on joutunut moottorikohteeseen. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 114)

Ongelmaksi voi muodostua myös se, että prosessikohteisiin ei päästä helposti jos kulkukäytävät ovat tukkeutuneet kaikenlaisesta roinasta. Jo silmämääräisesti katsottuna yleinen paikkojen järjestys ja puhtaustaso kertoo, miten muutkin asiat laitoksessa ovat. Mikäli siisteys ja järjestys kuitenkin ontuvat käyttökohteissa, voidaan oikealla voitelulla jonkin verran parantaa käyttövarmuutta laitteiden osalta. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 114)



**Kuva 47 Moottorikohde massan peitossa**

### 5.2.2 Kiinteät epäpuhtaudet

Kiinteät epäpuhtaudet voidaan karkeasti ottaen jakaa voitelujärjestelmän sisäisiin epäpuhtauksiin sekä voitelujärjestelmän valmistuksesta ja asennuksesta jääneisiin epäpuhtauksiin. Voitelujärjestelmän sisäisistä epäpuhtauksista puhuttaessa voidaan puhua voiteluaineessa itsessään olevista epäpuhtauksista. Öljyn hapettumisen seurauksena voi syntyä erilaisia epäpuhtauksia voiteluaineeseen, jotka ovat koostumukseltaan lakkamaisia tai karstamaisia. Myös öljyn lisäaineista voi ajan kuluessa muodostua epäpuhtauksia, jotka ovat saaneet alkunsa esimerkiksi vieraiden aineiden reagoidessa lisäaineiden kanssa. Lisäksi näihin sisäisiin epäpuhtauksiin voidaan lukea myös voideltavista kohteista peräisin olevat epäpuhtaudet. On selvää, että voideltavat kohteet kuluvat käytön aikana normaalisti. Voideltavista kohteista irtoaa käytön aikana erilaisia kulumismetalleja ja muita osia joiden määrä, muoto, laatu ja koko voidaan tunnistaa nykypäivänä erilaisten öljyanalyyysien avulla. Kupari ja lyijy toimivat voiteluaineen hapettumisreaktioissa katalyytteinä, jonka seurauksena erilaisia kulumispartikkeleita esiintyy voiteluaineissa ja voideltavissa kohteissa normaalia enemmän. Juuri tämän katalyyttisyyden johdosta on syytä välttää näitä edellä mainittuja metalleja esimerkiksi eri voitelulinjojen putkituksissa ja muissa komponenteissa. Myös maalatuista pinnoista voi irrota erilaisia kiinteitä epäpuhtauksia, lämpötilan kasvaessa riittävästi. Erityisesti vesipitoinen öljy huonontaa

maalin pysyvyyttä erilaisilla pinnoilla. Jotkin maalit kestävät vedetöntä öljyä jopa 150 asteeseen, mutta vettä sisältäviä ainoastaan 60 asteeseen. Voiteluaineisiin voi päätyä epäpuhtauksia myös erilaisista tiivistimistä niiden kulumisen tai haurastumisen seurauksena. Osa tiivistimistä irronneista epäpuhtauksista voidaan suodattaa, esimerkiksi grafiitti ja polytetrafluoreeni. Sen sijaan silikoniöljyä ei voida suodattaa, koska se sekoittuu voiteluaineeseen. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 115)

Voitelujärjestelmän valmistuksesta ja asennuksesta voi myös jäädä paljon erilaisia epäpuhtauksia. Yleisimpiä voitelujärjestelmään ulkopuolelta tulevia epäpuhtauksia ovat hiekka, metallipöly ja paperikoneteollisuudessa erityisesti tuotannonprosesseista peräisin olevat prosessikemikaalit. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 116)

*”Ulkopuolisten epäpuhtauksien tavallisia reittejä voitelujärjestelmään ovat:*

- *puutteelliset ilmansuodattimet*
- *suodattimien ja säiliöiden väliset liitokset*
- *akseleiden tiivistykset*
- *öljysäiliöiden huoltoluukut*

*Tavallisin hiekan lähde on pölyinen ympäristö, josta se puuttellisen ilmansuodatuksen vuoksi pääsee voitelujärjestelmään. Hiekka aiheuttaa kovana materiaalina voideltavissa komponenteissa kulumista ja johtaa kulumismetallimäärien nopeaan kasvuun.”* (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 116.)

Lattiat ja muut tasot sisältävät erilaisia prosessiaineita, hiekkaa ja muuta roskaa, mikä olennaisesti lisää niiden riskiä joutua voiteluaineiden joukkoon. Asennuksien yhteydessä asentajan tai korjaajan on syytä pyrkiä puhtaisiin suorituksiin, vaikka se on melkein mahdotonta. Kuitenkin on tärkeää muistaa, että asennuksien ja korjauksien jälkeen kaikki ylimääräinen korjauspaikalle kuulumaton roska siivotaan pois, eikä jätetä käyttökohteeseen lojumaan. Näin voidaan omalta osaltaan ennaltaehkäistä lian joutumista voiteluaineiden joukkoon. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 116.)

### 5.2.3 Vesi & ilma

Voiteluaineessa oleva vesi on haitallista itse voiteluaineelle tai voitelukohteelle. Vesi voi olla voiteluaineissa vapaana tai liuenneena. Vapaa vesi voi olla myös emulsiona. Emulsiolla tarkoitetaan sitä, että eri ainesosat ovat sekoittuneet toistensa sisään hyvin pieninä pisaroina. Vesi voi aiheuttaa monenlaisia eri ongelmia voiteluaineelle ja laitteistolle. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 130, 252)

Öljyn vaahtoamisen yleisin syy on vesi. Öljyn vaahtoamisessa öljyn pintaan kerrostuu sameaa vaahtoa. Vaahto- ja öljykerroksella on olemassa selkeä rajapinta, toisin kuin ilmaa sisältävillä öljyillä, jolloin öljy on koostumukseltaan täysin sameaa. Vesi saa aikaan myös sen, että vaahdonestolisäaine ei toimi toivotulla tavalla. Öljyn vaahtoamisen lisäksi vesi voi aiheuttaa korroosiota. Kondenssivesi on korroosiomielessä kaikista vähiten haitallisin. Kondenssivedeksi voidaan luokitella esimerkiksi paperikoneen huuven sisällä olevasta höyrystä tiivistynyttä vettä. Kondenssiovesi voi kuitenkin olla erittäin haitallista, mikäli veteen on sitoutunut kaasumaisia kemikaaleja esimerkiksi rikkidioksidia. Lähellä veden kiehumislämpötilaa öljyn paineen äkillisen alenemisen seurauksen syntyy höyrykuplia, jotka paineen noustessa luhistuvat räjähdysmäisesti takaisin vedeksi. Höyrykuplien luhistumisen seurauksen voi syntyä tuhatkertaisia paineiskuja verrattuna laakerien normaaleihin pintapaineisiin sekä voimakasta kuumenemistä. Tällöin on kyse kavitaatiosta. Vesi saa aikaan myös väsymistä erilaisissa pinnoissa, esimerkiksi teräksen väsymislujuutta se voi heikentää kavitaation avulla. Vesi on voiteluaineille yksi niistä tekijöistä, joka voi olennaisesti heikentää voiteluaineen kuntoa. Itse voiteluaineelle vesi voi aiheuttaa sen hapettumista, jolloin voiteluaine menettää voitelukykynsä. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 130, 131, 132, 133)

Ilma voi esiintyä öljyssä joko kuplina tai liuenneena. Paineen putoaminen voi aiheuttaa ilmakuplien muodostumista voiteluaineessa, mikä johtaa siitä edelleen kavitaatioon. Tämän seurauksena se voi aiheuttaa voiteluainessa merkittäviä lämpötilan nousuja. Mikäli ilma pääsee pitemmän ajan vaikuttamaan öljyyn, voi siitä seurata hapettumista. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 135)

#### 5.2.4 Prosessikemikaalit

Paperiteollisuudessa on käytössä paljon prosessikemikaaleja, joita käytetään eri paperin valmistusprosesseissa ja sen vaiheissa. Lähestulkoon kaikissa prosessikemikaaleissa on useita erilaisia yhdisteitä, jotka joutuessaan öljyyn ovat melkein poikkeuksetta haitallisia. Pii (Si) on alkuaine, jota käytetään paljon metsäteollisuuden keskuudessa. Piitä sisältäviä prosessikemikaaleja on mm. kaoliinissa, natriumvesilasissa, piioksidissa, talkissa, vaahdonestoaineissa, alumiinisilikaattissa sekä natriummetasilikaattissa. Näiden prosessiaineiden kanssa on syytä miettiä tarkkaan niitä keinoja, joilla pystytään ehkäisemään niiden pääseminen voiteluaineiden joukkoon. Varsinaisesta tuotannonprosessista peräisin olevat epäpuhtaudet voivat olla esimerkiksi kovia aineita kuten kaoliini. Valtaosa prosessikemikaaleista tuodaan paperitehtaille rekkojen avulla tai 1000l konteissa ja säkeissä (kuva 48). Prosessiaineet pumpataan tavallisesti isoihin siiloihin, joista niitä jaetaan edelleen prosessikohteisiin putkistojä pitkin. Lastauspaikat sekä niiden ympäristö on syytä suunnitella siten, että vältetään prosessiaineiden sekoittuminen voiteluaineiden kanssa. Voitelukeskukset sekä muut öljy- ja rasvavoiteluaineet on myös syytä sijoittaa sellaisiin paikkoihin, joihin prosessiaineet eivät helposti pääse kulkeutumaan. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 136)



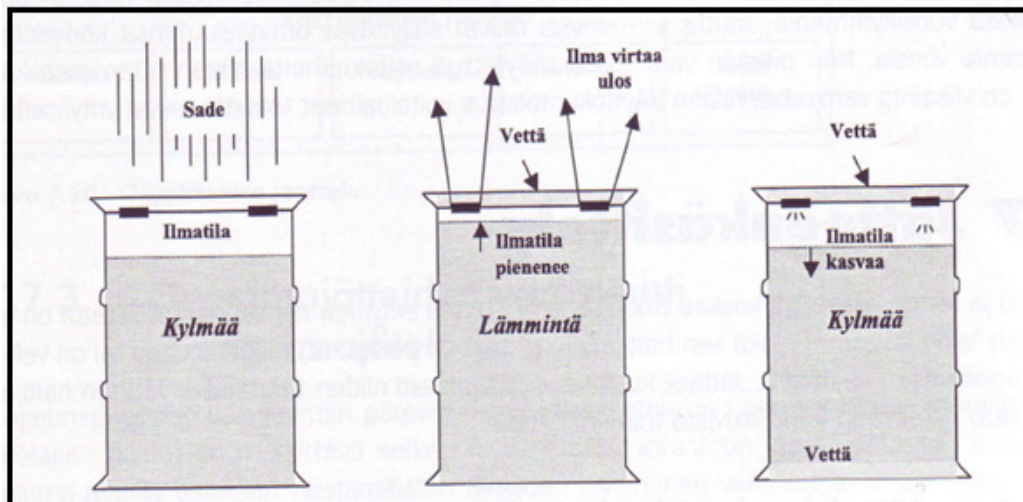
**Kuva 48** Prosessiaineiden säilytystä

### 5.2.5 Liuottimet, mikrobit ja voiteluaineiden säilyttäminen

Liuottimien kanssa on syytä olla tarkkana. Koneenosien ja voitelujärjestelmien puhdistamisen yhteydessä käytetään yleensä liottimia. Liottimet ovat yleensä hiilivetyperusteisia, koska niiden öljyjätteiden liotuskyky on hyvä. Laitteiden asennusten sekä puhdistusten osalta on syytä olla tarkkana, ettei liottimia pääse voitelujärjestelmään tai voiteluaineiden joukkoon. Liuottimet heikentävät oleellisesti voiteluaineen voitelukykyä. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 137)

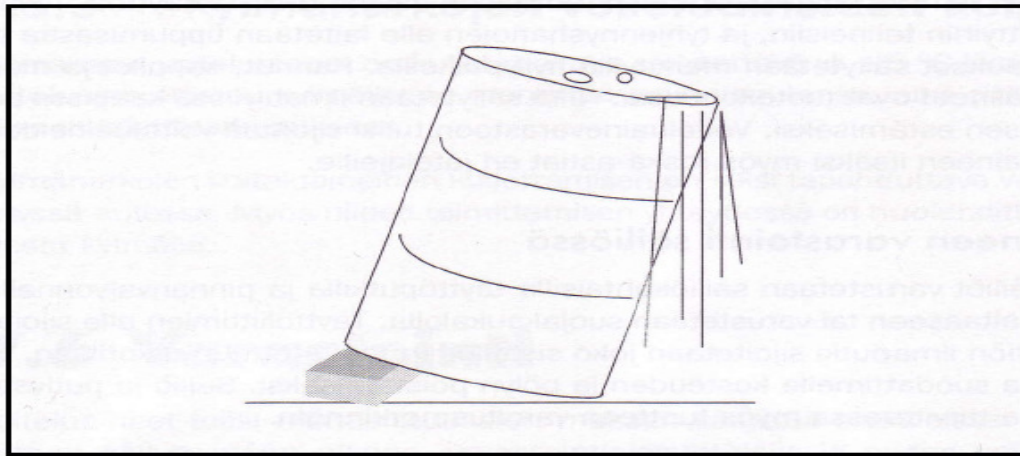
Mikrobit voivat myös osoittautua voiteluaineiden ongelmaksi. Jos voitelujärjestelmiin pääsee vettä tai vesipitoisia prosessikemikaaleja, lämpötila on otollinen ja pH-taso on mikrobeille suotuinen (pH 5,0-7,5), on hyvin mahdollista, että järjestelmään kasvaa bakteereita tai erilaisia sieniä. Nämä aiheuttavat edelleen vakavia ongelmia voitelujärjestelmän toiminnalle. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 137)

Voiteluaineiden varastointiin kannattaa kiinnittää myös riittävästi huomiota. Suurin osa voiteluaineista säilyttää ominaisuutensa varastointiolosuhteissa jopa vuosikymmeniä, mutta esimerkiksi rasvat säilyttävät voiteluominaisuudet korkeintaan muutamia vuosia. Paras varastointipaikka on olosuhteiltaan lämmin, puhtaassa ja pölyttömässä sisätilassa oleva voiteluainevarasto, jossa ei esiinny ylimääräistä liikennettä. Myös erilaiset kannut, astiat ja suppilovälineet tulisi pitää tuotekohtaisina ja niitä tulisi säilyttää ilmatiivissä kaapeissa poissa pölyiltä ja muilta lioilta. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 200)



**Kuva 49 Veden kondensoituminen voitelutynnyriin (Teollisuusvoitelu 2006, 201, hakupäivä 12.3.2013)**





**Kuva 50 Voitelutynnyrin oikea säilytystapa ulkokohteissa (Teollisuusvoitelu 2006, 202, hakupäivä 12.3.2013)**

Veitsiluodossa voiteluaineita säilytetään pääasiallisesti tavarantoiminnan vastaanotto rakennuksen takana olevassa katollisessa ulkorakennuksessa (kuva 52), pihalla taivasalla sekä sahan vieressä olevassa lämmitetyssä varastossa. Säilytyspaikat ovat kesäisin olosuhteiden osalta kohtalaisia, mutta talvella kovien pakkasten aikaan voiteluaineet jäätyvät läpikotaisin ulkovarastossa sekä pihalla. Tämä tuo edelleen ongelmia voiteluun liittyen. Talvisin läpikotaisin jäässä olevat voitelurasvatynnyrit vaativat sulaakseen jopa 3-6 päivää, kunnes niitä voidaan käyttää käyttökohteissa. Äkillisten voiteluaineiden tarpeen vaaties- sa tulee tällaisissa tilanteissa vääjäämättäkin eteen suuria ongelmia. (Vakkala, Siekkinen Efora Oy, 30.2.2013, haastattelu)

Valmistaja (Teboil) ei suosittele voiteluaineiden varastointia ulkotiloissa/lämpötiloissa. Lämpövaihtelut aiheuttavat voiteluaineiden tilavuuden muutosta, mikä puolestaan altistaa voiteluaineet edelleen kosteudelle. Niin ikään tynnyriin kohdistuu tilavuuden muutoksia ja edelleen mekaanisten muutosten seurauksena kehittyy säröjä ja vuotoja tynnyrin rakenteille. Veden ja ilman lisäksi voiteluaine saattaa näin päästä kosketuksiin lian ja muiden epäpuhtauksien kanssa. (Pelkiö 5.4.2013, sähköpostikysely)

Voiteluhuollon tehtäväksi jää ilmoittaa tavarantoimintaan kun voitelukohteisiin tarvitaan uusia voiteluöljyjä ja rasvoja. Pääasialliset voitelurasvat paperitehtaalla käytettävien moottoreiden osalta ovat mineraalipohjainen (MOBILUX EP 2) ja synteettinen voiteluainerasva (MOBILITH SHC PM). Valtaosaan (noin 95 %) moottoreista käytetään mineraalipohjaista voiteluainerasvaa. Synteettistä voitelurasvaa käytetään vain vaa-



tivissa olosuhteissa, kuten pihoilla kylmissä tai sisällä todella kuumissa paikoissa, joissa voiteluaineelta vaaditaan hyvää suorituskykyä. Voiteluaineen varastoinnin lisäksi ongelmaiseksi koetaan lämpimässä varastossa olevien konttien säilytystavat (kuva 53). Tuhannen litran öljyastiat ovat tilan puutteen vuoksi aseteltu päällekkäin varastotilassa. Lisäksi osa konteista sijaitsee kaikkien konttien takana. (Vakkala & Siekkinen 30.2.2013, haastattelu)

Voiteluaineiden säilytystä voitaisiin parantaa olennaisesti säilyttämällä kaikkia voiteluaineita huoneenlämpöisessä, kuivassa ja suuremmassa tilassa loogisissa järjestyksissä, jolloin myös voiteluaineiden siirtäminenkin käyttökohteisiin helpottuisi olennaisesti. Huoneenlämpöisessä säilytettävien voitelurasvojenkin osalta talvella voitaisiin välttyä turhilta sulatusajoilta entiseen verrattuna. Kuvien 49 ja 51 mukaisilla säilytystavoilla vettä voi kondensoitua ajan saatossa tynnyrin sisälle voitelutynnyreiden tulppien välityksellä. Myös pihalla säilytettävät kontit ja tynnyrit olisi syytä saada huoneenlämpöisiin, katollisiin tiloihin, jotta voiteluaineiden voitelukyky säilyisi ennallaan. Mikäli tynnyreitä ei voida säilyttää sisätiloissa, tulisi niitä säilyttää ulkotiloissa kuvan 50 mukaisella tavalla.



**Kuva 51 Voiteluaineiden säilytystä pihalla**



**Kuva 52 Katollinen ulkovarasto voiteluaineille**



**Kuva 53 Lämmin varastotila voiteluöljyille**

### 5.2.6 Lisäaineet

Nykyään voiteluaineisiin lisätään erilaisia lisäaineita, joiden tarkoituksena on parantaa perusvoiteluaineen toimintaa jollakin tietyllä osa-alueella. Lisäaineiden avulla voidaan:

- parantaa voiteluaineen suorituskykyä
- jakauttaa voiteluaineisiin joutuvia epäpuhtauksia
- suojata voiteluaineen pintoja ympäristön kanssa tapahtuvilta reaktioilta
- jatkaa voiteluaineen elinikää.

Lisäaineet vaikuttavat kahdella eri tavalla, joko fysikaalisesti tarttumalla voideltaviin pintoihin tai kemiallisten reaktioiden aikaansaamana muodostamalla uusia yhdisteitä. Yleensä voiteluaineiden toimittajat kertovat millainen voiteluaine parhaiten soveltuu käyttökohteeseen. Tämän vuoksi käyttäjän on tiedettävä yleisesti voiteluaineista ja niiden ominaisuuksista. Voiteluaineisiin omatoiminen lisäaineiden lisääminen voi olla kohtalokasta. Esimerkiksi pieni määrä moottoriöljyn lisäämistä hydraulioöljyn joukkoon tuhoaa sen epäpuhtauksien erotuskyvyn. Seuraavassa on lueteltu yleisimmät lisäaineet teollisuusvoiteluaineiden keskuudessa sekä niiden pääasialliset tehtävät. (Kunnossapito-yhdistys ry 2006, 61)

#### **Kitkanalentajat (FM = Friction modifier)**

Kitkanalentajien tehtävänä on alentaa kitkaa liikkuvien pintojen välillä, erityisesti silloin kun liikenopeudet ovat alhaiset (käynnistys- ja pysäytysvaiheet). Korkeissa lämpötiloissa kitkanalentajien molekyylit irtoavat toisistaan ja näin ollen kitkanalentajat menettävät tehonsa. (Kunnossapito-yhdistys ry 2006, 66)

#### **Kulumisenestolisäaineet (AW = Anti wear)**

Kulumisenestolisäaineiden tehtävänä on pyrkiä vähentämään kosketuksissa olevien liikkuvien pintojen kulutusta. Kulumisenestolisäaineet muodostavat pinnoille kemiallisia kerroksia, jotka suojaavat pintaa. Uuden kerroksen syntyminen alkaa välittömästi edellisen hävittyä. Tämän lisäaineen häviäminen voiteluaineesta onkin yksi voiteluaineiden vanhenemisen syistä. Kaikista yleisempiä kulumisenestolisäaineita ovat sinkkidiofosfaatit. (Kunnossapito-yhdistys ry 2006, 62)

### **Paineenkestolisäaineet (EP = Extrem pressure)**

Paineenkestolisäaineiden tehtävänä on kasvattaa voiteluaineen kuormankantokykyä. EP – lisäaine muodostaa metallipinnan kanssa ohuen kerroksen, joka pienentää kitkaa ja estää metallipintoja kulutukselta. Paineenkestolisäaineita löytyy yleensä vaihteistoöljyistä, työstönesteistä sekä joistain hydraulioöljyistä. Kyseistä lisäainetta tarvitaan AW-lisäaineiden ohella seka- ja rajavoitelutilanteissa silloin, kun kosketuskohdan kuormitus on suuri. EP – lisäaineet voidaan jakaa kahteen osaan sen reaktioherkkyytensä mukaan, aktiivisiin tai ei aktiivisiin. Mitä aktiivisempi EP on, niin sitä nopeammin se muodostaa suojaavan kerroksen voideltavan kohteen pinnalle. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 62)

### **Kiinteät lisäaineet**

Kiinteitä lisäaineita ovat mm. molybeenisulfidi, grafiitti ja PTFE. Nämä yhdisteet kerrostuvat ja tasoittuvat metallipinnalle korkean paineen vaikutuksesta. Kiinteät lisäaineet alkavat toimimaan voiteluaineessa jo ennen kuin AW:n ja EP:n vaadittu reaktiolämpötila saavutetaan. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 72)

### **Hapettumisenestolisäaineet**

Hapettumisenestolisäaineiden tarkoituksena on pidentää voiteluaineen elinikää hidastamalla niiden kemiallista vanhenemista. Kriittisin olosuhdetekijä hapettumisen kannalta on korkea lämpötila. Tämän vuoksi hapettumisenestolisäaineiden merkitys on suuri erityisesti korkeasti kuormitetuissa tai korkeissa lämpötiloissa toimivissa laitteissa ja koneissa. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 66)

### **Viskositeetti indeksin parantajat**

Näiden tarkoituksena on vähentää voiteluaineen viskositeetin riippuvuutta lämpötilasta. Viskositeetti-indeksin parantajien avulla voidaan saada voiteluaineita, joilla on hyvät käynnistys- sekä kitkaominaisuudet kylmissä olosuhteissa. Lisäksi niille saadaan hyvät voitelunkalvonmuodostuskyky korkeissa lämpötiloissa. Tyypillisiä viskositeetin parantajia ovat mm. erilaiset polymeerit, kuten metakrylaatteja ja polylefiineja. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 64)

## Muita lisäaineita

**Korroosionestolisäaineiden** tehtävänä on suojata metallipintoja koneiden käydessä tai niiden ollessa pysähdyksissä. **Detergentit** ovat pinta-aktiivisia aineita, joiden pääasiallisena tehtävänä on pitää koneenosien pinnat puhtaina. Tavallisimmin niitä käytetään moottori- ja hydraulikkaöljyjen lisäaineina. **Disperantit** eli jakauttaja-aineet sen sijaan muodostavat epäpuhtauksien ympärille kerroksen, joka estää hiukkasia tarttumasta niihin. Lika pidetään näin hallitusti pieninä hiukkasina öljyssä, jottei se pääse muodostamaan lakkamaisia kerroksia tai sakkaa koneen osien pintaan. Disperantteja käytetään tavallisesti moottoriöljyissä. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 65, 66)

**Vaahdonestolisäaineet** ovat myös yksi nykyisin käytetyistä lisäaineista. Sen tehtävänä on estää voiteluaineen vaahtoamista. Voiteluaineen vaahtoamisen seurauksena se menettää sen voitelukykynsä. Parhaita näissä ovat silikoniöljyt. Muita yleisimpiä lisäaineita ovat mm. **jähmepistealentajat, emulgaattorit, biodisit, väriaineet** sekä **vuodonestintäaineet**. Kun halutaan poistaa tai estää elävien organismien syntyä voiteluaineissa, voidaan käyttää biodisejä. Väriaineita käytetään voiteluaineissa lähinnä lisäaineena erottamaan eri käyttöihin tarkoitettuja aineita toisistaan sekaannusten välttämiseksi. (Kunnospitoyhdistys ry 2006, 67)

Yhteenvetona todettakoon, että lisäaineet voivat olla hyvin erilaisia toisistaan riippuen. Ne voivat reagoida eri metallipintojen kanssa riippuen joko ympäristöolosuhteista, kuormasta, epäpuhtauksista tai muista voiteluaineen komponenteista, metallipinnan ominaisuuksista tai kosketusmekanismeista. Voiteluaineisiin lisättävien lisäaineiden tehtävänä on yleisesti pienentää kitkoja, estää metallipintojen kosketusta toisistaan sekä auttaa alentamaan kulumista rajavoitelu tapauksissa.

### 5.2.7 Koneenelimet, kuormitusolosuhteet ja lämpötila

Voiteluaineen valitsemisessa on tunnettava laitteen kaikki siinä käytetyt koneenelimet. Tärkeitä tietoja ovat mm. koneenelimien geometriset mitat, toleranssit ja materiaalit. Mikäli on kyseessä vanha laite, on tarkasteltava yleisesti koneen kuntoa ja myös sitä ovatko koneen mitat tai osat muuttuneet käytön aikana. Yksi hyvin tärkeä tieto on myös se, kuinka voiteluaine pääsee kulkeutumaan voideltavaan kohtaan. On myös syytä huo-



mioida koneenosien, tiivistimien ja maalien materiaalit, jotka voi aiheuttaa yhteensopivuusongelmia voiteluaineiden kanssa. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 208)

Kuormitusolosuhteet ovat yksi keskeinen tekijä, jotka pitää huomioida rasvan valitsemisessa. Kuormituksen ollessa värähtelevää, iskumaista, tykyttävää tai on nollakuormatilanne, vaatii voiteluaineen valinta erityistä tarkkuutta. Kaikista ongelmallisimpia kohteita ovat vaihtelevat kuormitukset, jolloin samalla laitteella voidaan ajaa erilaisilla nopeuksilla ja käyttömomenteilla. Tällaisia kohteita paperiteollisuudessa ovat mm. auki- ja kiinnirullaukset. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 209)

Lämpötila on yksi keskeisimmistä ympäristötekijöistä, joka täytyy selvittää perinpohjaisesti voiteluaineen valitsemisessa. Voiteluaineen valinnan kannalta kaikista tärkein tieto on korkein käyttölämpötila, joka on kalvon muodostumisen ja voiteluaineen käyttöiän kannalta olennainen tieto. Paperikoneilla osa voideltavista kohteista sijaitsee todella kuumissa olosuhteissa. Talvella voideltavia kohteita esiintyy kylmissä paikoissa, pakastusten seurauksesta. Tällöin samaa voiteluainetta ei voida käyttää samoissa kohteissa, koska voiteluaineen voitelukyky ei toimi molemmissa kohteissa parhaalla mahdollisella tavalla. (Kunnosspitoyhdistys ry 2006, 209)

### 5.3 Käsirasvaaja

Efora Oy:llä on ainoastaan yksi sähköasentaja, joka suorittaa ennakko- ja huoltotoimenpiteitä moottorikohteisiin paperikoneilla. Paperikoneiden lisäksi asentaja huolehtii myös muista pienempien laitosten moottorikohteiden ennakko- ja huoltoista. Ennakko- ja huoltotoimenpiteissä käsirasvaaja yleensä puhdistaa moottorikohteen kertyneistä lianoista sekä suorittaa käsirasvauksen niille moottorikohteille, jotka sitä vaativat. Ennakko- ja huollettavia moottorikohteita käsirasvaajalla on kaiken kaikkiaan lähes 2000 paperikoneilla, joista osa sisältää automaattisen rasvauksen. Kaikkiin ennakko- ja huollettaviin moottorikohteisiin sisältyy kuitenkin moottorin puhdistaminen. (Jakunaho 25.2.2013, haastattelu)

Käsirasvaaja katsoo töihin tultuaan SAP:sta oman ennakko- ja huoltolistansa läpi ja poimii sieltä päivän työtehtävät suoritettavaksi. Liitteessä 2 on esimerkki käsirasvaajan EH-listasta. Ennakko- ja huoltolistaan on merkitty ennakko- ja huoltoa tarvitsevat kohteet, jotka on tarkoitus suorittaa listan ohjeiden mukaisesti. Ennen työkohteeseen menemistä rasvaaja noutaa voitelurasvat sekä ennakko- ja huoltoihin vaadittavat työkalut (kuva 54 ja 55) kor-

jaamon viereisestä olevasta voiteluhuollon tilasta. Kentällä työkohteeseen mentäessä aluksi tarkastellaan silmämääräisesti moottorikohteen kaapeloinnin, tiivistysten ja läpivientien kuntoa, jonka jälkeen suoritetaan karkea puhdistaminen paineilman, teräsharjan ja muiden apuvälineiden avulla moottorin eri osille (kuva 56 ja 57). Tärkeimpiä puhdistettavia osia ovat mm. jäähdytysrivat, tuuletusrilät ja voitelurasvan nipat. Ennakkohuoltokierroksilla havaituista suuremmista vioista tai poikkeavuuksista asentaja ilmoittaa yleensä puhelimitse joko kunnanvalvojille tai esimiehille suoraan, josta kohteen kartoittaminen ja kohdistaminen lähtee etenemään. Pienemmissä tai alkavissa vioissa asentaja tekee SAP-järjestelmään normaalin häiriöilmoituksen. (Jakunaho 25.2.2013, haastattelu)

Kaikki ne moottorikohteet, jotka eivät ole automaattisen rasvauksen perässä vaativat puhdistamisen lisäksi käsirasvauksen. Moottorille lisättävä rasvamäärä laitetaan moottorilla sijaitsevan laitekilven mukaisesti tai kilven puuttuessa, asentajan kokemuksen perusteella. Moottorikohteisiin tulisi lisätä voitelurasvoja moottoreiden lisäkilvessä osoitettujen tuntivälien mukaisesti: (2200h, 4400h, 6600h & 8700h). Osa voideltavista kohteista tulee vuoden aikana voideltua ainoastaan kerran, kun taas jotkin kohteet vaativat rasvausta 3-4 kertaa vuodessa. Moottorikohteiden ennakkohuollot määräytyvät pääsääntöisesti SAP – järjestelmän syklikierroksien perusteella, eikä niinkään laitekilvissä ilmoitettavan tuntimäärän mukaisesti. (Jakunaho 25.2.2013, haastattelu)

Ongelmia moottorikohteille suoritettaviin ennakkohuoltotoimenpiteisiin tulee tapauksissa, joissa ennakkohuoltolistaan merkityt kohteet eivät löydy kentältä pilarikartta puutteellisuuden, ennakkohuoltolistan puutteellisuuden tai laitekilpien puuttuessa. Tällaisissa tapauksissa asentaja käy yleensä tiedustelemassa valvomoista käyttöhenkilökunnalta kyseisestä kohteesta, jolle ennakkohuoltoa pitäisi suorittaa. Yleensä käyttöhenkilökunta osaa neuvoa asentajan kohteeseen tai he käyvät itse näyttämässä kyseistä kohdetta paikan päällä. (Jakunaho 25.2.2013, haastattelu)

Ongelmia voi esiintyä myös puhdistuksien osalta. Moottorikohteiden suojakupujen kiinnitysruuvit ovat saattaneet ruostumisen seurauksena jumittua, jonka seurauksena täydellistä puhdistamista ei voida suorittaa moottorikohteelle. Nämä jumittumiset voitaisiin ehkäistä sillä, että suojakupujen ruuveja ei kiristettäisi aivan loppuun asti. Seisokkien aikaan käsirasvausta suoritettava asentaja joutuu yleensä muihin kunnossapidollisiin töihin avuksi, jonka seurauksesta hän joutuu keskeyttämään oman varsinaisen työn-

sä. Osa ennakkohuoltokierroksilla havaituista ongelmista joudutaan siirtämään suoraan seisokkeihin, (esim. perusteelliset puhdistamiset), jolloin työnsuoritus on helpompi ja turvallisempi toteuttaa. Kuitenkin seisokin aikaiset työsuoritukset kärsivät tai jäävät kokonaan suorittamatta, mikäli asentaja määrätään tekemään muita kunnossapidollisia työtehtäviä. (Jakunaho 25.2.2013, haastattelu)

Asentajan mukaan työn laatu kohentuisi ja jatkuva kiire töiden suhteen vähenisi mikäli käsirasvaamista ja etenkin moottorikohteiden puhdistamista suorittaisi hänen lisäksi myös jokin muu. Kunnossapidollisia kokonaiskustannuksia pystyttäisiin oletettavasti pienentämään, mikäli kunnossapitoresursseja kohdistettaisiin moottorikohteiden siivoamiseen aiempaa enemmän. Kierrettäviä ennakkohuoltokohteita on kohtuuttoman paljon kierrettäväksi yhdelle miehelle ja lomien tai sairastapauksien jälkeen ennakkohuoltolistat ovat kerenneet kasvaa turhan pitkiksi. Jatkuva kiire töiden suhteen johtaa myös siihen, että voitelua ei voida suorittaa täydellisesti, voitelu viivästyy ja moottorikohteen puhdistus siirtyy edelleen myöhemmäksi. (Jakunaho, 25.2.2013, haastattelu)



**Kuva 54 Käsirasvaajan vipuvarsipuristin**





**Kuva 55 Moottorikohteen puhdistusvälineitä**



**Kuva 56 Moottorikohteen puhdistusta ja huoltoa**



**Kuva 57 Paineilmalla suoritettua puhdistamista**

Teorian mukaan voideltaessa laakeria se täytetään kauttaaltaan rasvalla. Käynnistyksessä täysin voideltu laakeri työntää rasvan laakerien ympärillä oleviin tiloihin. Tämän vuoksi käynnistyksen alkuvaiheissa aiheutuu laakerin kohonnut kitka sekä lämpötilan nousu. Laakeripesien täyttöasteeksi suositellaankin 30 - 50 % pesän tilavuudesta, jotta siirtyvälle rasvalle ja rasvan lämpölaajenemiselle jää tarpeeksi tilaa. Kun suurin osa voitelurasvasta on ajautunut laakerien ympärillä oleviin tiloihin, tulevat hallitseviksi voitelumekanismeiksi perusöljyn erottuminen rasvasta sekä rasvan ajautuminen pidikkeestä kosketuskohtaan. Voitelurasvan sisältämän perusöljyn erottumiseen vaikuttavat lämpötila sekä käynnin jaksollisuus. Korkea lämpötila alentaa voiteluaineen viskositeettiä, mikä edelleen johtaa siihen, että öljyn erottuminen lisääntyy. Lisäksi perusöljyn erottumista rasvasta tapahtuu aina sitä enemmän, mitä pitempiä pysähdysjaksoja laakerin käynnistäessä esiintyy. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 39.)

Voitelurasvan optimaaliseen toimintaan vaikuttaa monet eri tekijät. Tärinätason pitää olla sopivaa, jotta voiteluaine pääsee liikkumaan voideltavaan kohteeseen. Hyvin alhaisessa tärinätasossa vallitseva rasva ei pääse liikkumaan laakereissa ja liian suuressa tärinätasossa sen sijaan voiteluaineen rasva härskiintyy ja tuolloin esiintyy myös ennenaikaista kulumista. Liiallisissa tärinäkohteissa voidaan käyttää mekaanisesti kestäviä voitelurasvoja. Akselin pyöriessä voitelutilanteet muuttuvat aina huonommiksi, sillä koske-

tuskohtaan ei pääse tulemaan uutta rasvaa. Tilannetta voidaan parantaa säännöllisillä voiteluilla. Rasvavoitelussa voiteluaineen kalvonpaksuus on suuruusluokaltaan tyypillisesti noin 50nm, kun se öljyvoitelussa on vain 1 mikrometrin luokkaa. Se on suurin ero näiden kahden voiteluaineryhmän välillä. (Kunnossapitoyhdistys ry 2006, 39)

#### 5.4 Voiteluhuolto

Voiteluhuolto on tärkeä kunnossapidon osa-alue. Voiteluhuollon tehtävänä on varmistaa normaali käynninaikainen toiminta moottorikohteilla. Voiteluhuollon pääasiallisina tehtävinä on suorittaa ennakkohuoltoja automaattirasvaus ja kiertovoitelukohteisiin sekä huolehtia siitä, että voiteluaineita on riittävästi automaattisissa voitelukohteissa. Liitteessä 3 on esimerkki voitelijan ennakkohuoltokierroksesta. Voiteluhuoltoon kuuluu paperikonelinjoilla yhteensä 3 työntekijää. Yksi henkilö toimii PK 1:llä, toinen PK 2 ja PK 3 alueella ja kolmas PK 5:n toimialueilla. Pääasiallisesti työt ovat ennakkohuoltoon liittyviä toimenpiteitä, jotka koostuvat suodattimien vaihdoista ja erilaisista tarkastuksista voitelukomponenttien osalta. Voiteluhuollon tehtävänä on huolehtia, että voitelutynnyrit ja kontit vaihdetaan sitä mukaan kun entiset pääsevät loppumaan. (Ylitalo 25.2.2013, haastattelu)

Voiteluaineet tilataan voiteluhuollon esimiehen, mekaanisen kunnossapidon esimiehen tai käyttöhenkilöstön toimesta. Voiteluaineita säilytetään tehtaalla pääasiallisesti tavaran vastaanotto rakennuksen takana olevassa katollisessa ulkovarastossa, pihalla sekä sahan viereisessä olevassa pienessä lämmitetyssä varastossa. Voiteluaineet tilataan Veitsiluodon tehtaalle varastotyöntekijän toimesta sen mukaan miten kulutusta on tapahtunut voiteluaineiden osalta. Voiteluaineet tilataan pääasiallisesti teboililta konteissa ja tynnyreissä. Kaikki Veitsiluodon saarelle tilattavat voiteluaineet on esitetty liitteessä 4. Kuvassa 58 on yleisimmät voitelurasvat, joita lisätään moottorikohteille. (Parpala, 2.4.2013, sähköpostikysely; Ylitalo, Vakkala 25.2.2013, haastattelu)

Voiteluaineet tilataan käyttökohteisiin sen mukaan miten aiemminkin on tilattu. Varsinaisia öljyanalyyssejä tai tutkimuksia käyttökohteista ja niiden voitelusta ei ole suoritettu laisinkaan. Tutkimukset ja analyysit ovat jääneet toissijaisiksi ja niiden hyödyllisyyttä ei koeta tärkeäksi. Erilaisilla analyyseillä, tutkimuksilla sekä voiteluaineiden soveltuvuuskokeilla voitaisiin kohteille ja kohderymille löytää mahdollisesti parempi ja toimivampi



voiteluaine. Analyysien avulla voidaan löytää mahdollisia ongelmia jo etukäteen ennen vikaantumisia. (Ylitalo 25.2.2013, haastattelu)



**Kuva 58 MOBILUX EP 02 ja MOBILITH SHC PM voitelutynnyrit**

Seuraavassa on valmistajan antamat kuvaukset yleisimmistä moottorikohteille käytetyistä rasvoista:

*MOBILUX EP 2: ”Erittäin suorituskykyisiä teollisuuden yleisrasvoja, jotka valmistetaan mineraaliöljyistä ja litiumpaksuntimesta. Estävät hyvin kulumista ja ruostumista ja sietävät vesihuuhtelua. Sopivat laitteisiin, joita käytetään kosteissa tai märissä olosuhteissa. Suositellaan teollisuuden useimpiin käyttökohteisiin (myös raskaat koneet).”*(Exxon Mobil corporation, 2005, esitelehti)

*MOBILITH SHC PM: ”Äärimmäisen suorituskykyisiä täyssynteettisiä voitelurasvoja, jotka on tarkoitettu äärimmäisiin lämpötiloihin ja olosuhteisiin. Erinomainen tarttuvuus, mekaaninen kestävyys ja vedensietokyky. Käytetään teollisuudessa, ajoneuvoissa ja merellä”* (Exxon Mobil corporation, 2005, esitelehti)

## 5.5 Kunnonvalvonnan mittaukset

Kunnonvalvonnan osalta työtä tehdään paperikoneiden välillä kolmen asentajan voimin. PK 1:llä ja PK 5:lla toimii oma kunnonvalvoja ja yksi näistä kolmesta kunnonvalvojista toimii molemmilla (PK 2 – PK 3) toimintalueilla kunnonvalvontamittauksia suorittaen. Kunnonvalvojan työt koostuvat pääosin ennakkohuoltokierroksista sekä vikailmoituksista, joita laaditaan suurimmalta osin käyttöhenkilöstön tekemisistä kunnonvalvontatarkastuksista (marlin mittaukset). Tavallinen työpäivä rakentuu SAP:sta ajettavan ennakkohuoltolistojen reittimittausten mukaisesti, mikäli käyttöhenkilöstöltä ei tule ilmoituksia kunnonvalvontatarkastuksista. Liitteessä 5 on esimerkki kunnonvalvojen reittimittauksesta. Käyttöhenkilöstön laatimat vikailmoitukset menevät aina kunnonvalvojan reittimittausten edelle. Käyttöhenkilöstön mittaukset poikivat ilmoituksia tärinätasojen sekä lämpötilojen muutoksista moottorikohteista. (Nieminen 29.3.2013, haastattelu.)

Ongelmaksi käyttöpuolen laatimien ilmoitusten osalta muodostuu se, että kunnonvalvojan ennakoiva reittimittauskierros häiriintyy. Reittimittausten yhteydessä moottorikohteista mitataan kunnonvalvojen tarkemmilla ja laadukkaammilla välineillä (nopeus-, värähtely ja verhoikihtyvyys mittauksia) Suurin osa suoritettavista töistä tehdään kuvan 59 mukaisella laitteella. Sen lisäksi kohdetta kuunnellaan ja tarkastellaan yleisesti. (Nieminen, 29.3.2013, haastattelu.)

Kunnonvalvojen mukaan tarkkaa mittausaikaa käyttökohteelle ei voida arvioida, sillä osa tarkastettavista kohteista vie aikaa huomattavasti enemmän kuin toiset, johtuen analysoinnin kestosta. Liitteessä 6 on esitetty kunnonvalvojen työhön liittyviä toimenpiteitä ja analyysituloksia. Liitteen 6 ensimmäisellä sivulla on esitetty marlin hälytysrajojen muutoskenttä, jonka avulla kunnonvalvojat voivat muuttaa tarvittaessa käyttöpuolen tekemien marlinmittausten hälytysrajoja. Liitteen 6 muilla sivuilla on eri analysointituloksia moottorikohteista suoritetuista kunnonvalvontamittauksista. Riippuen päivästä, kunnonvalvojat kerkeävät käydä keskimäärin 3 - 10 kohdetta läpi. Kunnonvalvojen mukaan käyttökohteet löytyvät pääsääntöisesti, mutta ongelmia esiintyy usein ilmoituksiin laadittujen väärin positiomerkitöiden vuoksi. Kunnonvalvojen laitteistojen positiot pitäisi merkitä mekaanisten positioiden mukaan, mutta valitettavan usein ne merkitään sähköpositioiden mukaisesti. (Nieminen, 29.3.2013, haastattelu.)

Kunnonvalvontatehtävissä käytettävät laitteita ovat mm. SKF microlog cmva 60 keräilylaite, SKF @ptitude Analyst tietojenkäsittely ohjelma, stroposkooppi, lämpömittari ja kuulokkeet. (Nieminen, 29.3.2013, haastattelu.)



**Kuva 59 SKF microlog cmva 60 keräilylaite**

## 5.6 Mekaaninen kunnossapito

Mekaanisen puolen asentajien tehtävät moottorikohteille rajoittuvat pitkälti moottoreiden sekä muiden suurempien koneiden tai telojen irroittamiseen ja paikalleen asennukseen. Sähkömoottoreiden irroittamiset sekä uudelleen asennukset johtuvat yleensä laakerivioista, sähkömoottoreiden palamisista, käämivioista tai yleisistä huolloista joita suoritetaan moottorikohteille. Mekaanisen kunnossapidon tärkeimmäksi tehtäväksi asennuksiin liittyvissä toimenpiteissä on moottoreiden linjaus. Linjaukset suoritetaan pääsääntöisesti optisen mittauslaitteiston avulla (kuva 60). Linjauksella on suuri merkitys moottoreiden toimintakunnon edellytyksille. Huonolla moottorin linjauksella laakeri sekä muut vauriot moninkertaistuvat ja nopeutuvat huomattavasti. Veitsiluodossa käytetty yleisin optinen mittauslaite on nimeltään Fixtulaser XA ja sitä käytetään pääsääntöisesti aina linjauksien yhteydessä. Linjaukseen liittyviä muita työvälineitä ovat ns. kiilat, joita asennetaan moottoreiden jalkojen eli tassujen alle, tasapainoittaakseen moottori sille kuuluvaan moottoripetiin. (Koivuranta 3.4.2013, haastattelu.)

Mekaanisen puolen asentajan mukaan ongelmia esiintyy tilanteissa, joissa ABB:n huollosta saapuvien moottoreiden jalkojen eli tassujen alle on valunut maalia moottorille

tehdyn täyshuollon seurauksesta. ABB:lla suoritettavissa moottorihuolloissa moottorin rungot maalataan ja maalivalumat kuivuvat hyvin usein tassujen alle. Valumajäljet haittaavat olennaisesti linjausta ja sen vuoksi asentajat joutuvat hiomaan maalivalumat tassuista pois ennen moottorin paikalleen asennusta. Moottorin jalkojen puhdistamiset syövät kallista työaikaa ja lisäksi ne hidastavat prosessin normaalia toiminnan aloittamista. (Koivuranta, 3.4.2013, haastattelu.)



**Kuva 60 Moottoreiden linjaustyökalu**

## 5.7 Käyttöhenkilöstö

Toukokuussa 2010 käyttöhenkilön keskuuteen tuli käyttöön moottoreiden kunnonvalvontaan liittyvä työkalu ”Microlog inspecorilla”. Ennen tätä kyseistä kunnonvalvontamittausta suoritettiin kaikki moottoreille tehtävät kunnonvalvonnot SAP:sta poimitun ennakkohuoltolistan mukaisesti. Aiemmin suoritettavissa EH –listoissa kaikki toimenpiteet suoritettiin pelkästään aistihavaintojen perusteella. Moottoreita kuunneltiin, tarkasteltiin ja niiden lämpötiloja kokeiltiin käsin. (Kortelainen 30.1.2013, haastattelu)

Nykyään käyttöhenkilöstön tehtävänä on suorittaa moottorikohteille kunnonvalvontaa microlog inspecorilla. Kunnonvalvontaa kutsutaan yleisesti tehtaassa ”marlin” mittauk-

seksi. Sana marlin tulee sanoista (**MA**chine **Re**Liability and **IN**spection). Marlin kierroksilla käyttömies käy laitteistoon syötetyn ohjelmiston mukaisessa järjestyksessä tarkastamassa moottorikohteita. Laitekokonaisuus itsessään koostuu kahdesta eri osasta, mittapäästä ja kämmentietokoneesta (kuva 62). Laitteiden välinen tiedonsiirto tapahtuu bluetoothin avulla. Mittaukset suoritettuaan laitteen tiedot siirretään palvelimelle, jossa mittaustiedot ovat tallessa. (Kortelainen 30.1.2013, haastattelu)

Varsinaisessa mittauksessa tarkastellaan kohteen lämpötilaa, värähtelyä ja värinää (verhokiihtyvyys). Mittauksen ohessa laite esittää lisäkysymyksiä kohteesta ja sen yleiskunnosta. Suoritettavista mittauksista voidaan ajaa myös trendejä ja spektrejä, joiden avulla on helppoa seurata esimerkiksi mahdollisen laakerivian syntymistä. Liitteessä 7 on esitetty erään moottorikohteen sisältämät trendikuvaajat. Käytettävyydeltään laite on käyttöhenkilöstön mukaan helppokäyttöinen ja he ovat saaneet perehdytyksen laitteiston käyttöön. (Kortelainen, Kants, Torkkola 30.1.2013, haastattelu)

Marlin mittaukset ovat vääjäämättä lisänneet ja parantaneet yleistä ennakkoivaa kunnonvalvontaa aiempaan verrattuna. Kuitenkin tähän käyttöhenkilöstön suorittamaan ennakkoivan kunnonvalvonnan mittaustapaan liittyy vielä parantamisen varaa. Käyttöhenkilöstön mukaan joillakin vakansseilla on huomattavasti enemmän kierrettäviä moottorikohteita. Sen lisäksi laitteiston syklikierrokset eivät ole optimaalisia kaikkien kohteiden osalta. Joidenkin kohteiden tarkastuskierros välit ovat liian lyhyitä ja osassa se tuntuu taas pitkittyvän turhan pitkäksi. Mittaukset on pyritty suorittamaan kriittisyysluokituksen tarpeiden mukaisesti. A-luokan laitteiston omaavat laitteet tulisi tarkistaa 4-7 päivän sykleissä. B-luokan laitteistot, joita paperikoneille on eniten, suoritetaan 2-viikon sykleissä. C-luokan sekä muut luokittelemattomat kohteet suoritetaan kuukaudesta eteenpäin olevissa sykleissä. (Kortelainen, Kants, Torkkola 30.1.2013, haastattelu)

Moottorikohteessa havaitun vian tai oireen ilmaantuessa käyttöhenkilöstön tehtävänä on tehdä ilmoitus SAP – järjestelmään ja kohdistaa se alueella toimivalle kunnonvalvojalle. Mikäli vika on selkeä ja se voi aiheuttaa välitöntä laitteiston rikkoontumista tai muuta vaaraa, ilmoittaa käyttöhenkilöstö yleensä suoraan omalle esimiehellensä asiasta, joka aloittaa toimenpiteet asian korjaamiseksi. (Kortelainen 30.1.2013, haastattelu)

Kunnonvalvojien mukaan jotkin käyttöhenkilöstöjen suorittamisista marlin mittauksista eivät sisällä minkäänlaista vikaa moottorikohteessa kunnonvalvojien tutkittua ne omilla



mittauksillaan. Käyttöhenkilöstön suorittamien mittausten osalta korostuukin mittauksen oikeaoppinen suorittaminen. Työntekijöiden tulisi varmistaa, että marlin kämmen-tietokoneen ilmoittamalle koneelle suoritetaan oikeaoppisesti mittausta oikeasta paikasta oikeilla menetelmillä. Mittauksen virheellisyyteen vaikuttaa pääasiassa mittaustaik-ka ja mittauksen suorittaminen. Varsinainen mittausta tulisi suorittaa ainoastaan moottoriin merkityille (maalatuille) kohdille ja itse mittapään tulisi olla mahdollisimman suorassa ja koskemattomana muilta täriseviltä osilta (kuva 61). Virheelliset mittaustulokset työllistävät jo muutenkin kiireellisiä kunnonvalvoja heidän työssään. (Nieminen, 29.3.2013, haastattelu)



**Kuva 61 Marlin mittauksen mittaustaikka**



**Kuva 62 Marlin kämmen-tietokone ja mittapää mittaustaikossa**

## 6 TARKASTUSPÖYTÄKIRJAN LAADINTA MOOTTORIN ASENTAJILLE

### 6.1 Lähtökohdat

Moottoreiden vaihtojen sekä niiden asennuksiin liittyvissä toimenpiteissä on paljon asioita, joita on syytä ottaa huomioon työsuorituksia tehtäessä. Toimenpiteenä jo moottorin irroittamiseen, kytkemiseen sekä muihin asennuksellisiin tehtäviin tarvitaan useamman eri alan tietotaitoa ja työpanosta. Pöytäkirjan laadinta lähti liikkeelle siitä, että Veitsiluodossa ei ollut olemassaan minkäänlaista pöytäkirjaa moottoreiden vaihtoihin ja niihin suoritettaviin asennuksiin liittyen. Tavallisimmin moottorit vaihdetaan laakerivaurioiden, sähkömoottoreiden palamisten tai käämivikojen seurauksesta. Moottorin vaihtoihin päätettiin kehittää pöytäkirja, jotta moottoreiden käyttövarmuutta voitaisiin lisätä pöytäkirjan avulla asennuksien yhteydessä.

Veitsiluodossa moottoreiden vaihdot ja niihin liittyvät asennukset on suoritettu aina ilman pöytäkirjoja. Ilman pöytäkirjoja asennuksien ja moottorivaihtojen suorittamiset moottorikohteille eivät ole johdonmukaisesti suoritettuja ja sen seurauksena, jotkin tarpeelliset toimenpiteet saattavat jäädä huomioimatta tietoisesti tai tiedostamatta. Moottoreita vaihdetaan niin Eforan, kuin ulkopuolistenkin yritysten toimesta Veitsiluodon saarella. Moottorin vaihtoon liittyvät toimenpiteet tehdään eri menetelmin ja tavoin. Jokainen asentaja tekee moottoriin liittyvät toimenpiteet tietyllä omanlaisella tavalla, ellei työohjeistuksia ole eriskeen esitetty. Ilman tarkastuspöytäkirjaa työt voivat olla oikein, väärin tai muuten puutteellisesti suoritettuja asennuksia. Nämä ovat niitä tekijöitä, jotka omalta osaltaan vaikuttavat moottoreiden käyttövarmuuteen.

### 6.2 Pöytäkirjojen hyödyllisyys

Pöytäkirjan laatimisen päätarkoituksena on pyrkiä samanlaisiin asennustapoihin. Sen tarkoituksena ei ole lisätä asentajien työmäärää, vaan pyrkiä antamaan johdonmukaisia toimenpiteitä asentajille, jotta asennuksiin liittyvissä työsuorituksissa tehtäisiin mahdollisimman oikeita suorituksia moottoreiden toiminnan takaamiseksi. Yleisellä tasolla pöytäkirjojen avulla suoritettut toimenpiteet tuovat mukanaan seuraavanlaisia etuja:

- työn huolellisuus paranee entisestään

- vastuullisuus työnsuorituksesta kasvaa
- virheet voidaan minimoida
- suunnittelemattomat seisokit vähenevät
- säästetään kunnossapito- ja tuotannonkustannuksia.

Pöytäkirjan avulla moottorikohteelle suoritettavat toimenpiteet tulee suoritettua aiempaa huolellisemmin, jos pöytäkirja vaaditaan täytettäväksi asennuksien yhteydessä. Lisäksi asennuksien suorittajilta vaaditaan allekirjoitus työnsuorituksesta. Näin ollen asentaja joutuu myös itse henkilökohtaisesti kantamaan vastuuta omasta työnsuorituksesta. Pöytäkirjan avulla työ tulee käytyä kohta kohdalta läpi ja sen avulla voidaan vähentää tietoisia tai tiedostamattomia virheitä. Periaatteellisella tasolla tarkastuspöytäkirjat ovat olennainen osa työnsuorituksessa. Asentajien ei tulisi pitää sitä ylimääräisenä työnsuorituksena, vaan heidän tulisi ymmärtää että pöytäkirjalla ja sen täyttämällä pyritään kaikkien etuun ja virheiden minimoimiseen.

### 6.3 Pöytäkirja ja sen täyttäminen

Varsinainen pöytäkirja päätettiin tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi ja lyhyeksi, jotta sen täyttäminen olisi myös kentällä mahdollisimman vaivatonta ja helppoa. Pöytäkirjan laadinnassa sovellettiin yleisiä PSK-standardeja. Asennuspöytäkirja laadittiin seuraavien standardien pohjalta: PSK 2920 Liite 2 Sähkölaitteistojen tarkastuspöytäkirja 2/2, PSK 8301 Liite 1 Linjauksen hankintaerittely, PSK 8301 Liite 2 Linjauspöytäkirja. (PSK-standardisoinnin www-sivut, 2013, hakupäivä 12.4.2013)

Pöytäkirja päätettiin jakaa karkeasti kolmeen erilliseen osioon. Pöytäkirja on esitetty liitteessä 8. Ensimmäinen tarkastuspöytäkirjan osio koostuu kohteen yleisistä tiedoista kuten: toimintopaikasta, sen numerosta, työmääräinnumerosta ja päiväyksestä. Ensimmäinen osio täytetään mekaanisen kunnossapidon toimesta, koska he suorittavat ensimmäiset toimenpiteet moottorikohteelle. Ensimmäisen osion tarkoituksena on ainoastaan tuoda esille vain tarpeelliset tiedot käyttökohteesta ja siitä milloin asennus suoritettiin.

Toinen osio kuuluu niin ikään mekaaniselle kunnossapidolle täytettäväksi. Mekaanisen kunnossapidon tärkein tehtävä moottorin asennuksessa on linjauksen suorittaminen.

Mekaanisen puolen asentaja täyttää ensimmäisestä kohdasta onko mittaus suoritettu optisella- tai mekaanisella mittauksella. Tämän jälkeen asentaja merkitsee ylös linjauksien suoritettua vaaka ja pystysuuntaisuuden tarkistukset. Asentaja voi myös kirjata ylös huomautus kenttään mahdollisista muista huomioista, joita ilmenee kohteesta asennuksien yhteydessä. Ensimmäisen osion lopuksi kirjataan linjauksen suorittajan allekirjoitus, nimenselvennys, päiväys sekä aika jolloin asennus suoritettiin moottorikohteelle.

Viimeinen osio kuuluu sähköasentajille täytettäväksi. Sähköasentajan varsinainen työ mekaanisten töiden jälkeen on suorittaa moottorille oikeanlainen kytkentä. Kytkenä ja muu tarkastus suoritetaan huolellisesti pöytäkirjan mukaisesti. Kytkenän ohella varmistetaan, että läpiviennit ja liittimet on kiritty riittävän kireälle. Kytkenän lisäksi asentajan tulee tarkastaa myös moottorin rasvanpoistoaukko. Rasvanpoistoaukon tulee olla auki, jotta vanha ja huonontunut rasva pääsee poistumaan luonnollisesti uuden rasvauksen lisättyä. Asentajan tulee myös mitata virrat moottorin eri vaiheilta, jotta varmistetaan siitä, että asennus on oikeanlainen. Sähköasentajan tulee koepöytäkirjaa moottori ja todeta sen oikea pyörimissuunta. Viimeisessä pöytäkirjan osassa oleva asennusrasvaus kuuluisi periaatteellisella tasolla käsirasvaajalle hoidettavaksi. Kuitenkin käsirasvaajan jatkuvan kiireen vuoksi, rasvauksen voi jatkossa suorittaa lyhyen koulutuksen saanut sähköasentaja moottorikohteeseen samassa yhteydessä kuin moottori koepöytäkirjataan. Tämä siksi, jotta aikaa voidaan säästää sekä käyttövarmuutta rasvauksen osalta voidaan lisätä merkittävästi aiempaan verrattuna. On tärkeää, että moottorikohdetta rasvataan käsin niin kauan, jotta vanha rasva pääsee poistumaan rasva-aukosta ja voideltaan kohteeseen jää jäljelle uusi toimintakykyinen voitelurasva. (Lepojärvi, Kinnunen 16.4.2013, luento.)

Sähköasentajien asennusrasvaamisen vuoksi, tulisi tehtaalla järjestää jatkossa koulutus niille asentajille, jotka suorittavat moottorikohteelle asennusrasvauksia. Liitteessä 9 on esitetty voiteluvälit- ja määrät eri moottorikokojen omaaville moottoreille. Kyseistä taulukkoa voidaan soveltaa myös asennusrasvauksien yhteydessä. Työnjohtajien tulisi myös huolehtia siitä, että asennusrasvauksien lisäksi pöytäkirjat täytettäisiin jokaisen moottorivaihdon osalta. Pöytäkirjoja voidaan myöhemmin skannata ja lisätä SAP:n asiakirjavälilehdille, jossa ne pysyisivät tallessa. Näin varmistuttaisiin siitä, että työ suoritetaan huolellisesti ja dokumentaatiota jää moottorinvaihdosta. Pöytäkirjan laadinta vaatii jokaiselta organisaation osalta pientä työpanosta, mikäli moottorikohteiden käyttövarmuutta halutaan parantaa ja edelleen kehittää tältä osalta.

## 7 KEHITYSEHDOTUKSIA

### 7.1 Organisaation kehittäminen

#### **Organisaation luominen**

Toimiva organisaation rakenne sekä helppo ja yksinkertainen informaation kulkeminen eri osastoryhmien välillä ovat niitä peruspilareita moottoreiden normaalin toimintakunnon takaamiseksi. Tällä hetkellä Veitsiluodossa tilanne on se, että käsirasvaaja, voiteluhuolto sekä kunnonvalvojat toimivat kukin erillisissä osastoissa eri mestareiden alaisuudessa. Jos eri osastoryhmän työntekijät työskentelisivät samassa organisaatiossa samojen esimiesten alaisuudessa, voitaisiin moottoreille suoritettavia toimenpiteitä nopeuttaa. Samassa organisaatiossa toimivien henkilöiden avulla saavutettaisiin ajan säästämistä erityisesti ilmoitusten laatimisessa sekä muissa informaatioiden välittymisissä. Näin ollen työn kokonaistehokkuutta voitaisiin parantaa nopeammilla toimenpiteillä ajan säästämisen seurauksena.

Tavallisesti vikaantumistilanne etenee seuraavanlaisella tavalla: käyttökäyttäjä tekee työpäivän aikana vikailmoituksen kunnonvalvontakierroksella havaitusta suuresta lämpötilan ja tärinän noususta moottorikohteesta viime mittauskertaan verrattuna. Prosessimies tekee havaitusta ongelmasta normaaliin tapaan vikailmoituksen SAP – järjestelmään, josta kunnonvalvoja poimii sen myöhemmin itselleen työmääräimeksi. Kunnonvalvoja analysoi vian ja toteaa, että moottorikohteen lisävoitelulla, lämpötilan ja tärinän pitäisi parantua entisestä tilasta. Analysoinnin jälkeen kunnonvalvoja ilmoittaa kyseisestä kohteesta havaitut tulokset käsirasvaajalle. Käsirasvaaja joutuu jättämään omat ennakkohuoltotyöt sivuun kunnes rasvaa on lisätty kyseiseen käyttökohteeseen kunnonvalvojan kehoituksesta. Rasvauksen suoritettuaan, käsirasvaaja kehoittaa kunnonvalvojaa vielä tarkistamaan moottorikohteen yleiskunnon. Tällaisessa tilanteessa jo itse ilmoitusten tekemisiin ja työmääräinten kääntämisiin oikeille osastoille kulutetaan kohtuuttomasti tehokasta työaikaa sekä muita resursseja.

Kunnonvalvojat, käsirasvaaja sekä voiteluhuollon työntekijät totesivat valtaosan vikatilanteista hoituvan nykyään puhelimitse. Kuitenkin ilmoitukset täytyy laatia suoritettavista töistä jossain vaiheessa osastolta toiselle. Samassa organisaatiossa toimiville työntekijöille (voiteluhuolto, käsirasvaaja, kunnonvalvojat) voitaisiin kohdistaa yksi ilmoitus



ja organisaatiota johtavat esimiehet voisivat kohdistaa toimenpiteet vian korjaamiselle organisaation sisällä toimivien työntekijöiden kesken. Tämän seurauksesta myös käyttökilostöllä ilmoituksien laatiminen kohdistuisi aina samalle organisaatiolle, toisin kuin nyt jokainen ilmoitus kohdistetaan erikseen eri osastoryhmille.

### **Työmääräimien siirtely**

Ilmoituksien osalta esiintyy aika ajoin tapauksia, kun ilmoitukseen kohdistetut toimenpiteet lähenevät eri alojen rajapintoja. Kyseisien ilmoitusten osalta ilmenee ongelmia työn korjaajien osalta. Asentajien keskuudessa ei synny yhteisymmärrystä osastojen kesken kenelle vian korjaaminen loppupeleissä kuuluu. Vastaavanlaisissa ilmoituksissa työmääräimiä siirrellään SAP järjestelmässä osastolta toiselle ja itse vian korjaaminen jää toissijaiseksi.



**Kuva 63 Rikkoutunut linjaston osa automaattirasvauksessa**

Kuvasta 63 nähdään, että automaattirasvauksen linjasto ei voitele käyttökohdetta, vaan rasva kertyy putkiston pätyyn tulpaksi. Kyseisestä kohteesta laadittiin ilmoitus voitelun toimimattomuudesta. Työmääräintä siirreltiin osastolta toiselle (sähkö-automaatio, mekaaninen & voiteluhuolto) ja sen varsinaiseen vian korjaamisen ei päädytty minkään

osaston toimesta, vaikka sen korjaaminen oli yksinkertainen tehtävä suoritettavaksi. Tämänkaltaiset ongelmat liittyvät työjohdollisiin ongelmiin. Eri osastojen esimiesten tehtävänä tulisi keskustella keskenään siitä kuka korjaa vian ja kenelle se mahdollisesti kuuluu. Erimielisyydet eivät johda korjaustilanteissa parhaisiin lopputuloksiin, vaan työntekijöiden tulisi pyrkiä kaikkien yhteiseen etuun eli korjaamiseen ja vikailmoituksen poistamiseen päiväjärjestyksestä, huolimatta siitä kenelle se loppupeleissä kuuluu. Jokainen työntekijä voi tulla omalta osaltaan vastaan vastaavanlaisissa tilanteissa ja huolehtia siitä, että käyttökohteet toimivat vaaditulla tavalla.

## 7.2 Siisteys ja järjestys

Yleinen likaisuus on yksi merkittävimmistä tekijöistä Veitsiluodon paperitehtaan moottorikohteiden vaurioitumisille sekä niiden toimimattomuuksiin johtaneisiin tekijöihin. On selvää, että prosessiteollisuudessa toimintopaikat eivät voi olla täydellisen puhtaita, koska prosessiaineita ja muuta likaa kulkeutuu jatkuvasti käyttökohteisiin. Yleisenä ongelmana voi esiintyä myös tietoista haluamattomuutta lähteä puhdistamaan jotain likaista kohdetta, koska sen siivoamista ei ole pakko suorittaa, siivoamista ei ole määrätty selkeästi suoritettavaksi tai yleinen ajattelutapa ”sen voi tehdä joku muu” vaikuttaa olennaisesti suoritettaviin toimenpiteisiin. On hyvä tiedostaa että likaantumisen ehkäiseminen lähtee pienistä asioista liikkeelle. Jokaiselle käyttöpuolen työntekijälle voitaisiin jakaa oman toimintoalueen käyttökohteet huolehdittavaksi ja siivottavaksi entistä paremmin. Toisaalta yrityksissä yleinen henkilöstöjen irtisanominen ajaa tilanteeseen, että prosessin ajamiseen liittyvät työt keretään tekemään, mutta laitteistojen yleiseen ennaltaehkäisevään työhön eli tässä tapauksessa siivoamiseen ei jää riittävästi aikaa.

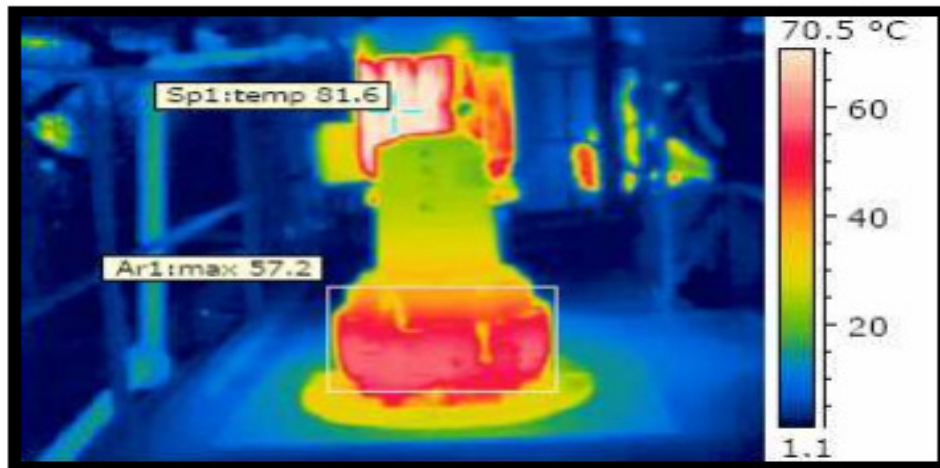
Siisteyden ja järjestyksen ylläpito voisi olla eräs vaikuttava tekijä tuotannonpalkkioihin liittyen. Käyttöhenkilöstön motivoiminen esimerkiksi tuotannonpalkkioilla tällaisissa asioissa voisi parantaa yleisellä tasolla siisteyttä ja järjestystä ja näin ollen luoda edelleen paremmat käyttöolosuhteet moottorikohteille ja muille laitteille. Moottorikohteille voitaisiin lisäksi asentaa kriittisimpiin paikkoihin suojakuvut tai esteet moottoreiden jäähdytyksen päihin, jolloin paperimassoja siivotessa voitaisiin välttyä enimmiltä roiskeilta moottorikohteessa. Huomioitavaa kyseisessä suojauksessa olisi se, ettei suojaa asennettaisi liian lähelle moottorin jäähdytysritilää, jotta ilman saanti moottorille olisi riittävä. Suojakuppu tai este ei saisi myöskään olla liian kaukana, jotta se pystyisi suo-

jaamaan kohdetta enimmiltä roiskeilta ja muulta lialta. Korostettavaa on, että käyttömiesten puhdistaessa lattioita massoista, tulisi heidän kiinnittää erityistä varovaisuutta moottorikohteisiin kulkeutuvista massoista. Moottorikohteiden rikkoumiset likaisista käyttökohteista voitaisiin jatkossa ennaltaehkäistä moottoreiden lisävarusteluilla moottoreita hankittaessa. Suunnittelupuolen työntekijöiden tehtäväksi jäisivät suunnitella ja toteuttaa tulevat moottorihankinnat jatkossa siten, että ne olisi lisävarustettu suojausilla. Esimerkiksi ABB:lla suojauksen lisäkoodinumero on + 401 (Lepojärvi, Kinnunen 16.4.2013, luento)

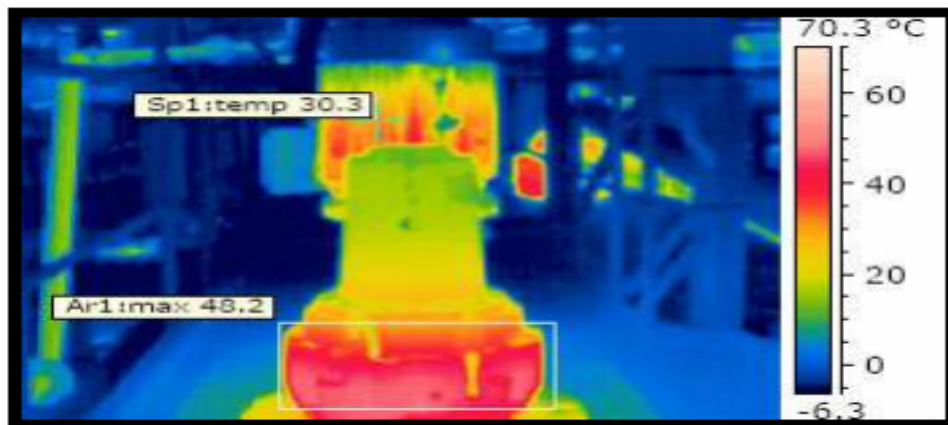
Moottorikohteiden yleinen puhtaanpito on selkeä yksittäinen tekijä moottoreiden käyttövarmuuden takaamiseksi. Jäähdytysripojen ja muun ilmansaannin puhtaanpito varmentaa jäähdytyksen normaalia toimintaa. Lisäksi jäähdytysripoihin kertynyt lika laskee käämitysten eristysten termistä elinikää. Terminen elinikä lyhenee arviolta puoleen aina jokaista 8 – 10 asteen lämpötilan nousua kohti jatkuvassa käytössä. Lian kertyminen lian päälle tuottaa suurempia ongelmia sitä puhdistettaessa. Epäpuhtauksilla on taipumus kovettua ja tarttua lujasti kiinni moottorikohteiden pinnoille teollisuuskäytöissä. Tämän seurauksena myös niiden puhdistaminenkin vaatii ennakkohuoltokierroksilla normaalia enemmän aikaa, jos käyttökohteet ovat toistuvasti alttiina likaantumisille. Likaantumisen perussyistä olisi myös olennaista selvittää likaantumistapauksissa, koska niiden selvittämisellä voidaan päästä puhtaampaan lopputulokseen pitemmällä ajalla. (Saarenpää 2006, 69, 70)

Moottorikohteen puhdistamisesta on konkreettista hyötyä sen pintalämpötiloihin. Kuvista 64 ja 65 nähdään helposti lämpökuvauksen avulla, kuinka kohteen puhdistaminen vaikutti olennaisesti pintalämpötilojen merkittävään laskuun. Varsinainen moottorikohte sijaitsee ulkona ja ero lämpökuvausten välillä oli noin 7 astetta. Nämä asiat huomioidaan ottaen, voidaan todeta puhdistamisen alentaneen moottorin pintalämpötilaa yli 40 astetta. (Saarenpää Diplomityö 2006, 69, 70)





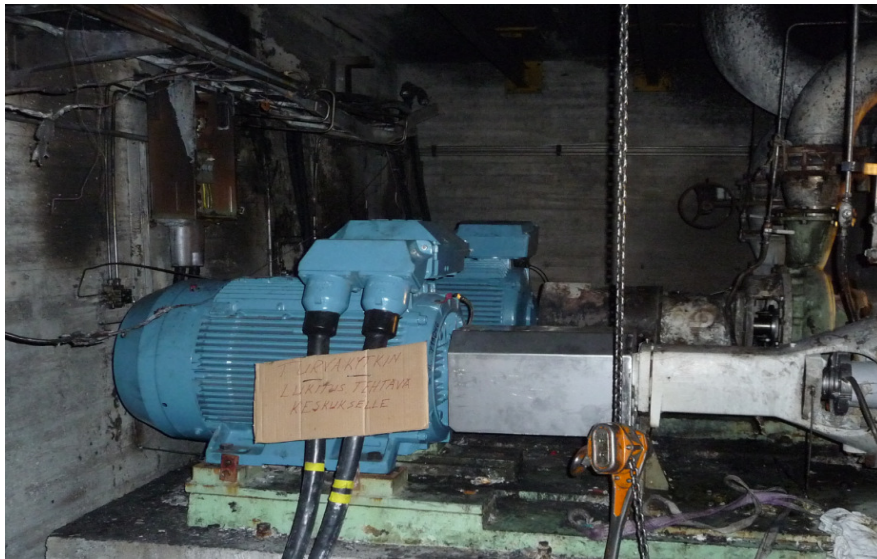
Kuva 64 Moottorin lämpötilat ennen puhdistusta (Saarenpää 2006, 69)



Kuva 65 Moottorin lämpötilat puhdistamisen jälkeen (Saarenpää 2006,70)



Kuva 66 Sellun kiertovesipumppukohteet (kuva otettu noin 1,5kk ennen moottoreiden palamista).



**Kuva 67 Uudet sellun kiertovesimoottorit palamisten jälkeen**



**Kuva 68 Sellun hakuvesipumpun moottori palamisen jäljiltä**

Kuva 66 on otettu moottorikohteesta 19.3.2013. Kuvasta nähdään, että käyttökohde on siivoton. Noin 1.5 kk myöhemmin kuvan 66 päätyymmäisin moottori oli syttynyt tuleen, jonka seurauksesta kaikki kyseisen kuvan moottorikohteet, kaapelit sekä muu ympäristö paloi ja mikä edelleen johti tuotannon pysähtymisiin PK 2:lla ja PK 3:lla noin 12 tunnin edestä. Varsinaista vikasyitä kyseiselle palamiselle ei löydetty, mutta kuvasta 66 voidaan olettaa liian, pienen tilan ja puutteellisen jäähdytyksen olleen ainakin osasyinä moottorikohteiden palamisiin. Kuvasta 67 ja 68 nähdään moottorikohteiden palamisen seurauksena aiheutuneet tuhot. Uusia moottoreita tilattaessa on syytä selvittää perinpohjaisesti esimerkiksi oikeat asennusmitat ja etäisyydet sekä ympäristöolosuhteet. (Pyykölä 3.4.2013. Keskustelu)

### 7.3 SAP – järjestelmä

SAP – järjestelmä koetaan Veitsiluodossa käyttöhenkilöstön keskuudessa yleisellä tasolla monimutkaiseksi, hitaaksi ja käytettävyydeltään kankeaksi informoinnin työkaluksi. Käyttöhenkilöiden mukaan ilmoitusten laadinnassa tulee eteen hyvin usein tilanteita, ettei käyttömies osaa käyttää SAP – järjestelmää vaaditulla tavalla, he eivät joko muista tunnuksiaan tai omista niitä laisinkaan. Tiedon välittyminen ja informaation laatiminen yleisestikkien kohteista ja asioista pitäisi käyttäjän ja kunnossapidon välillä olla yksinkertaista ja helppoa toteuttaa. Uusien järjestelmien ja toimintatapojen opettelut ovat monelle työntekijälle ylitsepääsemättömiä asioita. Uusien asioiden opettelut vaativat työntekijältä nykyajan teollisuudessa jatkuvaa sopeutumista ja uudelleen kouluttautumista uusiin asioihin. Asennoitumisella on tällöin erittäin suuri merkitys asioiden oppimisessa. SAP:n kaltaisen järjestelmän tarkoituksena ei ole tehdä asioista monimutkaisia vaan pyrkimyksenä on luoda kattava informointiverkosto, jolla voidaan tehostaa käyttö ja kunnossapidon välistä informaation kulkemista. Mikäli ongelmia koetaan käyttöhenkilöstön keskuudessa SAP – järjestelmän osalta niin yksinkertaisin ja toimivin tapa olisi järjestää lisäkoulutuksia pienemmissä ryhmissä järjestelmän opetteluun liittyen. Valvoimiin tulisi tehdä mahdollisimman yksinkertaiset ja lyhyet opasteet yleisimmistä asioista, joita tehdään SAP – järjestelmällä. Niin ikään käyttöhenkilöstön esimiesten tehtäväksi tulisi suoranaisesti huolehtia siitä, että jokainen työntekijä omistaa tunnukset järjestelmään ja jokainen osaa tarvittaessa laatia ilmoituksen.

### 7.4 Toimenpide ehdotuksia moottoreiden osalta

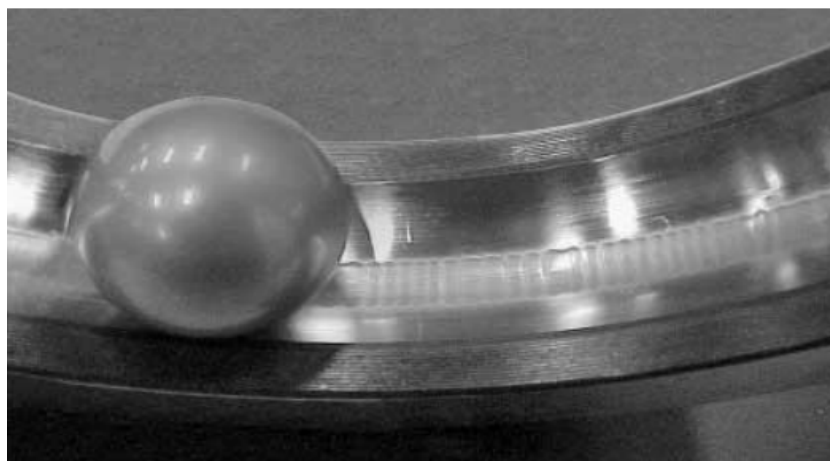
#### **Laakerin kunnonvalvonta**

Tärkeimpien kriittisyysluokkien omaaville moottorikohteille olisi suositeltavaa järjestää SPM eli iskussäysmittauksen kaltaisia ennakkohuoltotoimenpiteitä laakerivaurioiden ehkäisemiseksi. Iskussäysmittaukset ovat yleinen ja pitkään käytössä ollut menetelmä, joka soveltuu hyvin erityisesti laakereiden kunnonvalvontaan. SPM mittaustuloksia käytetään Veitsiluodon paperitehtaalla vain hitaasti pyörivissä kohteissa. Kuitenkin sen nopean mittaustavan suorittamisen seurauksena sitä olisi hyvä järjestää nopeammillekin moottorikohteille. Lisäksi sen avulla mittaustulokset saadaan suoraan siirrettyksi

mittauslaitteistosta tietokoneelle. SPM on myös suhteellisen edullinen laitteistokokonaisuus. (Nieminen 19.4.2013, keskustelu; Saarenpää 2006, 57)

### **Laakerivirta ja sen ehkäiseminen**

Taajuusmuuttajakäytöt rasittavat moottoreita sähköisesti, koska niiden syöttämä virta ei ole puhdasta siniaaltoa vaan se on enemmänkin kanttiaaltomaista. Sen seurauksena moottoreiden käämeissä esiintyy normaalia suurempaa lämpenemistä. Tekniikan ja tehoelektroniikan aikaansaama kehitys on kuitenkin parantanut asiaa virran käyrämuodon suhteen entisestä. Kytkeäntaajuuksien kasvun myötä ns. sahalaitaisuus on merkittävästi vähentynyt. Korkeasta kytkeäntaajuudesta on kuitenkin seurannut ongelmia akselijännitteen sekä laakerivirtojen muodossa. Näitä edellä mainittuja ongelmia esiintyy etenkin suurilla moottoreilla. Virran kulkeutumista laakerin läpi voidaan estää asentamalla moottorin rungosta eristetty laakeri ainakain moottorin akselin toiseen päähän. Laakerivirtoja voidaan myös vähentää asentamalla ns. EMC – suodattimia taajuusmuuntajaverkon puolelle. EMC – suodattimien avulla saadaan suodatetuksi kanttiaaltomaista aaltoluua, joka edelleen voi johtaa laakerivirtojen syntymiseen. EMC – suodattimien lisäksi on olemassa  $du/dt$  – suotimia joiden avulla voidaan vähentää vaihe- ja verkkojännitteiden vaihtelua ja siten myös käämitysten sisäistä jänniterasitusta. Edellä mainittujen lisäksi ne vähentävät myös yhteismuotoisia virtoja ja laakerivirtoja.  $du/dt$  kaltaisia suodattimia ovat myös common mode- ja light common mode suotimet, joita voidaan hyödyntää laakerivirtojen ehkäisemisessä. Kuvassa 69 on esitetty laakerivirran aiheuttamaa jälkeä laakeroinnissa. (Saarenpää 2006, 57, 58; Tikkala 17.4.2013, haastattelu; Auser:n www-sivut 2013, hakupäivä 17.4.2013)



**Kuva 69 Laakerivirran aiheuttamaa jälkeä (ABB)**

## **Liitinjännite ja sen ehkäiseminen**

Taajuusmuuttajan ja moottorin välisessä kaapelissa voi syntyä moottorin liitinjännitettä nostava ns. ”seisova aalto”. Ilmiö voi jopa kaksinkertaistaa liitinjännitteen arvon. Tapauskohtaiseen liitinjännitteen huippuarvoon ja käyrämuotoon vaikuttaa käytetyn taajuusmuuttajan lisäksi moottorin koko sekä kaapelin tyyppi ja pituus. Tyypillisesti liitinjännitteen huippuarvo on noin 1,6 – 1,9 kertainen dc-välipiirin jännitteen suuruudesta. Tämän seurauksena moottorikohteelle voi aiheutua erilaisia vaurioitumisia. Ongelma voidaan eliminoida käyttämällä vaikeissa kohteissa erilaisia suodattimia tai tilaamalla tarvittaessa korkeamman eristysluokan omaava moottori. (Saarenpää 2006, 67, 68)

Liitinjännitettä nostava ns. heijastuva seisova aalto on sen sijaan tuntemattomampi ilmiö ja sitä esiintyessään, se on selkeä merkki suunnitteluviasta. Toistuvissa ja selittämättömissä moottorivikaantumisissa liitinjännitteen mittausta on suositeltavaa suorittaa uutta moottoria tilalle asennettaessa. Mikäli mittauksessa havaitaan normaalia korkeampi liitinjännite, tulisi moottoria syöttävä taajuusmuuttaja varustaa lähtösuotimella. (Saarenpää 2006, 67, 68)

## **Ylikuumeneminen ja menetelmät sen seurannassa**

Lämpökuvaus mahdollistaa moottorikohteen käyntilämpötilan sekä sen osien tarkastelua. Lämpökuvausmenetelmä perustuu suurelta osin kokemukseen ja tietoon laitteiden normaaleista käyntilämpötiloista. Käyntilämpötiloihin vaikuttavat olennaisesti mm. moottorin rakenne, kuormitus sekä jäähdytys. Osa moottorikohteista sijaitsee tärisevissä rakenteissa tai niihin välittyy tärinää vaikkapa kytkimien tai puuttellisen linjauksen seurauksena. Tärinä rasittaa moottorin rakennetta, laakerointia ja kiinnityksiä. Lisäksi tärinä voi löysätä kaapeleiden liittimiä. Tärinää sisältävissä olosuhteissa käytettävien moottoreiden kaapeleiden kireys olisi suositeltavaa tarkastaa seisokkien yhteydessä. Lämpökuvauksella voitaisiin selkeästi nähdä esimerkiksi puhdistusten yhteydessä kytkentäkoppienkin lämpötilat. Lämpökuvausta olisi järkevää suorittaa Veitsiluodossa kriittisimmille moottorikohteille normaalien moottoritarkastuksien yhteydessä. Lämpökameran avulla vikaantumista on helpompi nähdä ja mahdollisiin vian oireisiin voitaisiin ennakoida jo riittävän ajoissa, säännöllisen lämpökamerasurannan avulla. (Saarenpää 2006, 71)

## 7.5 Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen

Moottoreiden kunnonvalvontaan voidaan vaikuttaa olennaisesti prosessiohjausjärjestelmän keinoilla. Ohjausjärjestelmästä riippuen järjestelmissä voi olla jo valmiiksi rakennettuja ominaisuuksia kunnonvalvonnan tehostamiseksi tai ohjausjärjestelmään on mahdollista rakentaa erilaisia toimivia ratkaisuja kunnonvalvonnan parantamiseksi. Hyvin usein nämä mahdollisuudet jätetään käyttämättä yrityksien sisällä, joko epähuomiossa tai tiedostamatta järjestelmän tarjoamisista mahdollisuuksista. Hyvinkin pienillä teoilla saatetaan saada merkittäviä säästöjä aikaiseksi ja mahdollisia laitevaurioita sekä suunnittelemattomia seisokkeja voidaan näin ollen ennaltaehkäistä. (Tikkala 1.4.2013, haastattelu)

Moottorikohteille varmasti eräs yksinkertaisimmista tavoista on lisätä laitekohtaisia käyntituntilaskureita. Laskureiden avulla saadaan kerätyksi historiaa moottorikohtaisesti ja pitemmällä katsonnalla ne helpottavat ennakoimaan seisokkisuunnittelua. Laskureiden kustannukset ovat tavallisimmin suunnittelijan työtunneista koostuvia kustannuksia. Uusia laitteita tai mittauksia ei tarvita moottorikohteisiin, vaan tavallisesta prosessiohjausjärjestelmästä kaikki tarvittava löytyy jo valmiiksi. (Tikkala 1.4.2013, haastattelu)

Kun moottorikohteesta halutaan luotettavaa tietoa, on sitä helppo lisätä alueelle järjestettävällä riittävällä ja oikeanlaisella instrumentoinnin avulla. Hyvin helposti unohtuu, että tavallista kenttäinstrumentointia voidaan käyttää myös kunnossapitotarkoituksiin. Varsinaisesti tämä ei ole tuottavaa, mutta kunnossapidon tarkoitus onkin minimoida tappiot. Moottoreista voidaan mitata esim. käämilämpötilat, laakereiden lämpötilat, tärinät jne. Kiertovoitelun osaltan sen sijaan voidaan mitata esim. lämpötila, virtaus, paine, johtokyky ja vaikkapa kiintoainepitoisuus. Hyvinkin pienillä, oikein kohdistetuilla investoinneilla voidaan saada merkittävät säästöt aikaiseksi. Automaatiojärjestelmän prosessiohjaukseen voidaan luoda omat sivut ainoastaan kunnossapidollisia asioita varten. Kyseisellä sivulla voidaan näyttää ne mittaukset ja arvot, jotka liittyvät kunnossapitoon. (Tikkala 1.4.2013, haastattelu)

Eräs keino lisätä informaatiota on kytkeä ulkoinen kunnonvalvontajärjestelmä automaatiojärjestelmän osaksi sekä liittää niistä hälytyksiä automaatiojärjestelmään. Esimerkiksi rasvavoitelu- ja kiertovoitelukeskuksien liittäminen automaatiojärjestelmän osaksi on hyvä tapa lisätä tietoa niiden toimivuudesta. Muita vastaavanlaisia kohteita voivat olla



esim. erilaiset kiihtyvyyss- ja värinänmittauslaitteistot, öljykalvojen paksuusmittaukset, öljyn kiintoainemittarit jne. (Tikkala 1.4.2013, haastattelu)

Varastotietojen lisääminen automaatiojärjestelmään voisi olla myös yksi vartenotettava vaihtoehto käyttövarmuuden parantamiselle. Automaatiojärjestelmä voidaan kytkeä osaksi kunnossapitotietokantaa. Tämä mahdollistaa automaattisten työmääraimien liipaisun esim. käyntitunteihin perustuen ja vaikkapa tiettyjen raja-arvojen ylittymisiin. Lisäksi automaatiojärjestelmässä voidaan näyttää laitetietoina esim. nimikenumero, hyllypaikka ja reaaliaikainen varastosaldo kyseiselle laitteelle. Tämä nopeuttaa vikojen korjaamista huomattavasti. (Tikkala 1.4.2013, haastattelu)

Instrumentteja lukuun ottamatta kaikki muu on lähinnä työtä. Jos laitoksessa on jo olemassa oleva hyvä instrumentoinnin taso myös kunnossapidollisessa mielessä, jää kustannukset lähinnä työstä aiheutuviksi kokonaiskustannuksiksi. (Tikkala 1.4.2013, haastattelu)

## 7.6 Raportointien merkitys rikkoutuneiden moottoreiden osalta

### **ABB:n ja Efora Oy:n välinen raportointiverkosto**

Rikkotutuneet moottorit tai moottorin osat alettiin korjata vuodesta 2010 lähtien ABB:n toimesta. Tätä ennen tehtaalla toimi noin 4-6 hengen kunnossapitoryhmä, joka korjasti pääasiallisesti laakeri-, käämi- ja muita moottorivikoja. Nykyään rikkoutuneet moottorit toimitetaan yleensä sähkötilan viereiseen tilaan, josta moottorit sitten jatkavat matkansa Ouluun ABB:lle korjattavaksi. ABB:lla korjatut ja huolletut moottorit palautetaan vastaavaan paikkaan, mistä rikkoutuneetkin haettiin. Varsinaiseksi ongelmaksi on koettu ABB:n korjausraportointien puuttuminen rikkoutuneiden moottoreiden osalta. (Syrjälä 11.4.2013, haastattelu; Määttä, Haapaniemi 19.4.2013, palaveri)

Opinnäytetyön alussa tarkoituksena oli laatia ABB:n ja Eforan välille toimiva raportointiverkosto rikkoutuneiden moottoreiden osalta. Kuitenkin 19.4.2013 käydyssä palaverissa ilmeni, että ABB on lähettänyt moottoreista vikaraportteja Eforalle, mutta ne eivät ole saavuttaneet mitään virallista paikkaa Eforan päädyssä, josta vikaraportoinnit olisivat olleet luettavissa. Kyseisessä palaverissa päätettiin, että jatkossa ABB:lta saatavat

huoltoraportit talletetaan moottorin laitekortin ja moottoreiden toimintopaikkojen sisältämiin asiakirjoihin SAP:iin. (Määttä, Haapaniemi 19.4.2013, palaveri)

ABB:n ja Eforan välille on myös jatkoa ajatellen syytä luoda jonkinlainen informaatio-polku moottoreihin liittyvissä kysymyksissä ja ehdotuksissa. Asentajat, esimiehet sekä muut moottoreiden kanssa tekemisissä olevat henkilöt voivat esittää kysymyksiä tai ehdotuksia moottoreista ja niiden huoltoon liittyvistä aiheista kunnossapitoinsööri Tuomas Määttälle. Hän edelleen välittää kysymykset ja ehdotukset ABB:lle, josta hän myös saa vastaukset laadittuihin kysymyksiin. Tämän jälkeen Määttä voi jakaa laadituista kysymyksistä saadut vastaukset kaikille niille, jotka aiheesta kyselivät. Näin informaatio moottoreihin liittyvistä asioista saadaan kulkemaan Eforan sisällä. Myös ABB:lla mahdollisia toimenpidemuutoksia voidaan tehdä asiakassuhteen parantamiseksi Eforalta laadittujen ehdotusten mukaisesti. (Määttä 19.4.2013, palaveri)

ABB:n laatima raportointi moottoreiden vikaantumisista ja niille suoritetuista huolloista on kattava kokonaisuus. Vikaraporttien avulla voidaan päästä kentällä käyttökohteessa mahdollisiin vian aiheuttajiin paremmin käsiksi, kuin aiemmin ilman raportteja. Liitteessä 10 nähdään kattava huoltoraportin kokonaisuus.

### **Saatekortin täyttäminen**

Ongelmia Eforalla on esiintynyt jokseenkin huoltoon menevien moottoreiden saatekorttien täyttämisessä. Saatekortit ovat kortteja, joihin tulee täyttää moottorin yleisiä tietoja, jotta huoltoon mentäessä informaatiot moottorista on helpommin saatavilla. Saatekortit täytetään tavallisesti vuorohuollon tai päivävuoron sähköasentajien toimesta. Puuttellisen korttien täyttäminen johtaa siihen, että se lisää työkuormaa moottorihuollosta vastaavan työntekijän osalta. Liitteessä 11 nähdään oikein täytettyjen laitekorttien kokonaisuus. Korttien oikeanlainen ja huolellinen täyttäminen eri henkilöiden toimesta, varmistaa tehokkaan toiminnan moottorihuollon puolella. Sen lisäksi moottorihuollosta vastaavan henkilön ei tarvitse tuhata aikaa korttien täyttämiseen, vaan hän voi keskittyä muihin tärkeisiin työtehtäviin. (Määttä 19.4.2013, haastattelu)



## 7.7 Parempien hyötysuhdemoottorikäyttöjen lisääminen aiempiin kohteisiin

*”EU on saanut valmiiksi direktiivin ja sen täytäntöönpanoa ohjaavan asetuksen, jotka määrittelevät millaisin hyötysuhtein moottoreita saa EU:n alueella valmistaa, markkinoida ja ottaa käyttöön.”*(Vem:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.4.2013)

Yleinen (IEC 60034- 30:2008- 10) standardi määrittelee kaikkien moottoreiden IE hyötysuhdeluokitukset. Uudet moottoreiden hyötysuhdeluokitukset jaetaan seuraaviin luokituksiin:

- IE1 Standard efficiency, aiempi EFF2 (Ei enää markkinoilla)
- IE2 High efficiency, aiempi EFF1
- IE3 Premium efficiency
- IE4 Super-Premium (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.4.2013)

Uudessa luokitusmenetelmässä moottoreiden hyötysuhdetta mitataan eri menetelmin kuin aiemmin. Tämän testaustavan muutoksen myötä muuttuivat myös raja-arvot entisestä luokituksesta. Uusi luokitus pitää sisällensä 2-, 4-, ja 6-napaiset moottorit tehoalueella (0.75- 375 kW), kaikki pienjännitteelliset alle 1000 V sekä taajuudet 50 Hz ja 60 Hz. Edellä mainittujen lisäksi luokitus pitää sisällensä jarru- ja atex-moottorit. Moottoreiden hyötysuhteiden oli vastattava vähintään luokan IE 2 vaatimustasoa 16.6.2011 lähtien. Seuraavassa vaiheessa 1.1.2015 alkaen moottoreiden tulee vastata vähintään luokan IE 3 vaatimustasoa tehoalueilla 7,5kW – 375kW tai vaihtoehtoisesti on mahdollista käyttää IE 2 vaatimustason omaavaa moottoria jos se sisältää taajuusmuuttajakäytön. Viimeisessä vaiheessa 1.1.2017 tehoalue laajenee 0,75kW -375kW asti ja samoin on myös mahdollista käyttää IE 2 vaatimustason moottoria taajuusmuuttajakäytöissä. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.4.2013)

Vaatimukset moottoreiden hyötysuhteiden osalta kasvavat koko ajan EU:ssa ja myös sen ulkopuolellakin. Parempien hyötysuhteiden omaavat moottorit säästävät energiaa huonompiin verrattuna. Lisäksi korkeamman hyötysuhteen moottorit tuovat mukanaan enemmän luotettavuutta, niiden keskimääräinen elinikä pitenee ja moottorikohteille suoritettavat huoltovälit saadaan pidennettyä aiemmista. (Lepojärvi, Kinnunen 16.4.2013, luento)

Korkeamman hyötysuhteen omaavat moottorit ovat kalliimpia verrattaessa niitä huonimpien hyötysuhteen omaaviin moottoreihin. Kuitenkin paremman hyötysuhteen moottorit säästävät pitemmällä aikavälillä itsensä takaisin, jonka jälkeen ne alkavat tekemään säästöä. Esimerkiksi 2 vuodessa saadaan maksetuksi takaisin korkean hyötysuhteen omaava 11 kW moottori ja kun keskimäärin moottorille annetaan elinikää 25-vuotta elinikää, niin säästöt ovat merkittäviä koko sen elinkaaren ajalta. Moottorin hankintahinta on verrannollinen sen 8-12 viikon sähkönkulutukseen (yhtäjaksoinen käyttö) ja kokonaisuudessaan sen osuus on vain 1-2 % koko sen elinkaarikustannuksista. (Lepojärvi, Kinnunen 16.4.2013, luento)

Parempien hyötysuhteen omaavia moottoreita on kannattavaa hankkia jo hyvissä ajoin, eikä silloin kun ne ovat markkinoiden ainoita tarjolla olevia vaihtoehtoja. Korkeamman IE – luokan moottorit tuovat merkittäviä säästöjä pitemmällä aikavälillä huonompiin verrattuna. ABB:n mukaan sähkömoottorit kuluttavat 65 % teollisuuden kokonaissähköstä. Yksittäisissä tapauksissa moottoreiden tuomat säästöt eivät ole vielä merkittäviä, mutta kun puhutaan useista moottoreista, on säästöjen osuus silloin huomattavan suuri. Myös ulospäin annettava positiivinen näyttö energiatehokkuudesta sekä vihreiden arvojen arvostaminen nousevat esiin energiasäästöisimpien eli korkeampiluokkaisten IE – moottoreiden tapauksissa. (ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.4.2013; Lepojärvi, Kinnunen 16.4.2013, luento)

## 7.8 Moottoreiden varastointi ja kuljetus

Moottoreiden varastointiin on olemassa yleisiä ohjeistuksia, joita on syytä noudattaa moottorin normaalin toiminnan takaamiseksi. Moottoreita tulisi varastoida sisätiloissa, (lämpötila yli  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kuivissa, tärinättömissä, pölyttömissä olosuhteissa, joissa ne ovat myös suojassa ulkoisilta iskuilta. Moottoreita voidaan säilyttää varastoissa hyvin usein pitkiäkin aikoja. Pitkään säilytettävien moottoreiden tapauksissa olisi suositeltavaa pyöritellä moottoreiden akseleita säännöllisin väliajoin käsin, jotta rasvan muuttumista ja heikkenemistä voitaisiin ehkäistä. Myös moottorin suojaamattomat koneistetut pinnat (akselien päät ja laipat) on syytä käsitellä korroosionestoaineilla, jotta ruostumista ja muuta kulumista ei pääse esiintymään pinnoilla. Kosteissa varastopaikoissa on suositeltavaa käyttää seisontalämmitysvastuksia, jotta kondensioveden kerääntymistä voidaan ehkäistä moottoreissa. Vesireiät tulee myös sulkea, mikäli varastokohde sisältää

paljon pölyä sekä muuta likaa. (ABB Low voltage motor manual, 01-2009, hakupäivä 18.4.2013)

Moottorit, jotka sisältävät rulla – tai viistokuulalaakeroointia tulee varustaa lukituksilla kuljetuksien ajaksi, jotta laakerit eivät rikkoontuisi. Lisäksi moottorit tulisi suojata iskuilta, putoamisilta, kosteudelta sekä muilta epäpuhtauksilta niitä kuljetettaessa varastoista eri käyttökohteisiin. Kuljetuksissa moottoreita voidaan nostaa vain niille tarkoitettuista nostosilmukoista. (ABB Low voltage motor manual, 01-2009, hakupäivä 18.4.2013)

Pienempiä moottoreita varastoidaan pääasiallisesti Veitsiluodon saarella sahan viereisessä olevassa moottorivarastossa (kuva 70). Kyseinen säilytyspaikka on moottoreille suhteellisen hyvä, mutta pitkään säilytettyjen moottoreiden osalta akseleiden pyörittämistä ei suoriteta laisinkaan. Myös korroosionestolisäaineita ei ole ollut tapana käyttää moottoreissa. Pesuvarasto on Veitsiluodossa toinen moottoreiden säilytyspaikka, joissa suurempia ja keskikokoisia moottoreita (DC & AC) säilytetään. Kuvista 71, 72 ja 73 nähdään, että tämä ns. pesuosasto, jossa moottoreita säilytetään pitää sisällensä paljon, likaa, lintujen jätöksiä sekä muuta järjestämättömyyttä moottoreiden osalta. Pesuvarasto on myös paikkana pimeä ja sen kulkutiet ovat kaiken roinan peitossa. Kyseisen varastokohteen moottorit voivat olla mahdollisesti kosteita sisältä aiemmin sattuneen kosteudesvaurion seurauksesta. Kiireellisissä tapauksissa moottoreiden etsimiseen joudutaan käyttämään turhan paljon aikaa, koska moottorit eivät ole minkäänlaisessa loogisessa järjestyksessä. Lisäksi moottoreiden siirtäminen 2 – ja 3 kerroksesta alas vanhan nosturin avulla on hidasta suorittaa rakennuksen rakenteiden vuoksi. Pesuosastolta haetuille moottoreille on suositeltavaa suorittaa eristysvastusmittaukset, jonka avulla voidaan arvioida onko moottori liian kostea käyttökohteeseen.

Moottoreiden säilyksen ja asioiden helpottamisen vuoksi olisi järkevää luoda moottoreille sellaiset moottorivarastot, jotka sisällyttäisivät kaikki varastointiin, siirtelyyn ja kirjanpitoon vaadittavat vähimmäisvaatimukset. Toimivan varastopaikan tunnusmerkkejä ovat mm. helppo ja selkeä luoksepääsevyys, puhdas, kuiva, tärinätön ja valoisa ympäristö sekä moottoreiden helppo kuljettaminen varaston sisällä. Myös moottoreiden varastoinnista vastaavan henkilö voisi huolehtia siitä, että moottorit säilyttävät toimintakuntonsa säilytyksen aikana ja sieltä edelleen käyttökohteeseen siirrettynä. Näillä toimenpiteillä saataisiin parannettua merkittävästi moottoreiden yleistä varastointia. Sen lisäksi turhia ajan tuhlaamisia moottoreiden etsimisissä sekä niiden kuljettamisissa voi-

taisiin vähentää merkittävästi, mikä edelleen johtaisi nopeampiin korjauksiin ja merkittäviin rahallisiin säästöihin.



**Kuva 70 Moottorivarasto**



**Kuva 71 Pesuosaston moottorivarastolta**





**Kuva 72 Moottoreiden säilytystä perusvarastolla**



**Kuva 73 Moottorit sekaisin varastokohteessa**

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyö osoittautui todella laajaksi aiheeksi, joka oli koko sen laajuudessaan mielenkiintoinen ja ajatuksia herättävä kokonaisprosessi. Opinnäytetyö itsessään oli pääsääntöisesti selvitystyötä, joka sisälsi teorian ja käytännönläheistä tarkastelua eri asioihin liittyen. Lisäksi opinnäytetyöstä seuranneiden töiden vuoksi oltiin paljon tekemisissä eri alojen työntekijöiden kanssa.

Kartoitustyö oli opinnäytetöissä työläin toteutettava vaihe, vaikka se oli sinänsä helppoa suorittaa. Kartoituksen kokonaisuudesta voidaankin todeta, että sen saamien tietojen perusteella saatiin yleisnäkemykset moottorikohteiden toimimattomuuteen johtaneista syistä paperikoneilla. Kuitenkin ilmoituksien puuttellisuuksista johtuen kartoitus on enemmänkin suuntaa antava, eikä niinkään täydellinen selvitystyö. Pääasiallisesti ilmoituksista saatiin selville vikaantumiseen johtava syy, mutta sen alkuperäisyyttä tai varsinaista juurisyytä ei aina pystytty analysoimaan. Jokatapauksessa kartoituksessa huomattiin paljon niitä yhtenäisiä tekijöitä, jotka vaikuttivat omalta osaltaan toistuviin vika- ja toimenpideilmoitusten laatimisiin ja edelleen ylimääräisiin työsuorituksiin sekä ajankäytön tuhlaamiseen. Lisäksi kartoituksista saamien tulosten perusteella voidaan ymmärtää kuinka merkittävästä rahallisesti ja muusta kunnossapidollisesta panoksesta on kyse moottoreiden vikaantumisten seurauksena. Kartoituksen osalta on myös syytä tuoda esille ilmoitusten tulkinnanvaraisuus. Ilmoitukset on laadittu eri henkilöiden toimesta ja ne poikkeavat kirjoitusten sisällön ja kommenttien puolesta hyvinkin paljon toisistaan, vaikka kyseessä olisi sama asia. Konkreettisenä tietona puolestaan voitaisiin pitää kaikenlaiset mittaustiedot moottorikohteista. Mittaustietojen avulla kartoitustuloksia voitaisiin pitää luotettavimpina ja niiden tulkinnanvaraisuus olisi huomattavasti pienempää, kuin henkilöiden sanomiset tai kirjaamiset vikaantumisista.

Moottorivikojen syyt tukivat hyvin teoria osuutta vikaantumistapauksissa. Voidaan sanoa, että Järviön kirjassa todettujen 5 perussyyn tekijät olivat myös Veitsiluodon paperikonelinjoilla vallitsevia tekijöitä vikaantumistapauksissa. Vikaantuminen ja sen perinpohjainen tutkiminen antaa työkaluja tulevien vikaantumisten korjaamiseen ja mikä edelleen johtaa luotettavampaan käytettävyyteen.

Pöytäkirjan laatimisessa opin ymmärtämään, kuinka merkittävää on jokaisen kunnossapito-organisaation (mekaaninen-, sähkö-, ja voitelupuoli) työpanos moottoreiden vaih-

tojen yhteydessä. Vikaantumisten ehkäiseminen lähtee pienistä tekijöistä liikkeellä. Myös käyttö- ja kunnossapidon työntekijöiden asenteilla ja asiakokonaisuuksien ymmärtämisillä on todella suuri merkitys laitteistojen kunnan osalta. Kehityssuunnitelmien osalta yllätyin kuinka paljon moottoreiden kuntoon voidaan vaikuttaa epäsuorasti eikä aina niinkään suoranaisesti. Teorian sekä työntekijöiden kokemusten puolesta myös omat näkemykset moottoreiden vikaantumisista avartuivat melkoisesti entisestä.

Opinnäytetyö oli koko sen laajuudessaan todella opettavainen prosessi. Automaatiopuolen opiskelijana moottoreista ja niihin liittyvistä asioista ei ollut koulutuksen puolesta saatu syventäviä tietoja laisinkaan. On kuitenkin selvää, että automaatiopuolen opiskelijankin on tärkeää ymmärtää sähkövoiman puolelta asioita, jotta kokonaiskuva sähköautomaatiosta paranee. Opinnäytetyö onnistui mielestäni työmäärään nähden kohtuullisen hyvin. Yhden paperikoneen kartoittamiseen olisi voitu käyttää enemmän aikaa ja siitä olisi voitu tehdä huomattavasti syvällisempi ja tarkempi kartoitus kaikkien koneiden sijasta. Lisäksi yhden koneen kartoittamiseen olisi voitu eritellä paremmin laitekokonaisuusvikoja.

Liitteeseen 12 on koottu yhteen tämän opinnäytetyön aikana havaitut epäkohdat moottoreiden osalta, huomioon otettavat asiat sekä mahdolliset parannusehdotukset moottoreiden käyttövarmuuden parantamiseksi.

## LÄHTEET

- ABB, AC drives Tecical Guide Book, hakupäivä 14.3.2013
- ABB:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.4.2013<<http://www.abb.fi/product/ap/seitp322/b20de3a5fe001fbb83257930003b424d.aspx>>
- ABB 2009, Low voltage motor manual, hakupäivä 18.4.2013
- ABB 2011, Laakerivirrat uusissa vaihtovirtakäytöissä. Hakupäivä 17.4.2013.  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/4afd9ccbf5eb991fc1256d280083a4d2/\\$File/Tekninenopasno5.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/4afd9ccbf5eb991fc1256d280083a4d2/$File/Tekninenopasno5.pdf)>
- Auserin www-sivut 2013. Hakupäivä 17.4.2013.  
<[http://auser09.onet.tehonetti.fi/data/attachments/Taajuusmuuttajakayton\\_vaatimuks\\_et.pdf](http://auser09.onet.tehonetti.fi/data/attachments/Taajuusmuuttajakayton_vaatimuks_et.pdf)>
- Efora Oy 2013. Efora lyhyesti. Intranet. Hakupäivä 28.2.2013.  
<[http://worksite.storaenso.com/eforanet/Profiilimme/eforalyhyesti/Sivut/efora\\_lyhyesti.aspx](http://worksite.storaenso.com/eforanet/Profiilimme/eforalyhyesti/Sivut/efora_lyhyesti.aspx)>
- Kriittisyysanalyysiohje 9.9.2009, EFORA sivut 1-4/11. Hakupäivä 12.1.2013
- Haapaniemi, Mikko, Luotettavuusinsinööri, Efora Oy. Haastattelu 19.4.2013.
- Jakunaho, Markku, Sähköasentaja, Efora Oy. Keskustelu 25- 29.3.2013.
- Järviö, Jorma 2012. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen, Helsinki: KP-Media Oy
- Kants, Juha, Prosessinhoitaja, Stora Enso Oy. Haastattelu 25.3.2013
- Kinnunen, Jarno, Tuotepäällikkö, ABB, 2013. Luento 16.4.2013
- Koivuranta, Juhani, Kunnossapitoasentaja PK 1, Efora Oy. Haastattelu 27.3.2013
- Kortelainen, Sami, Operating engineer, Stora Enso Oy. Haastattelu 25.3.2013
- Kunnossapito yhdistys ry 2006, Teollisuusvoitelu, Hamina: KP-Media Oy
- Lepojärvi, Simo, Myynti-insinööri, ABB, 2013. Luento 16.4.2013
- Leppä, Ari 2003. Kestomagneettitahtikonekäytön soveltaminen paperiteollisuuden linjakäytöissä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Helsinki  
<[http://157.24.2.217/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/research/electric\\_drives/publications/Documents/Diplomity%C3%B6t/Ari\\_Leppa.pdf](http://157.24.2.217/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/research/electric_drives/publications/Documents/Diplomity%C3%B6t/Ari_Leppa.pdf)>
- Muttonen, Juha–Antti & Rätty, Hannu, 2011, Sähkomoottoreiden kunnonvalvonta. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma, Uimaharju.  
<<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29418/Sahkomoottoreiden%20kunnonvalvonta.pdf?sequence=1>>
- Määttä, Tuomas, Kunnossapitoinsinööri, Efora Oy. Haastattelu 16.4.2013.
- Nieminen, Kari, Laitosmies, Efora Oy. Haastattelu 27.3.2013.
- Parpala, Paavo, Varastoteknikko, Efora Oy, Re: Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti [paa-vo.parpala@efora.fi](mailto:paa-vo.parpala@efora.fi) 2.4.2013.
- PSK-standardisointi 2013, <<http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Standardiluettelo.htm>>, Hakupäivä 12.4.2013
- Pyykölä Petri, Vuorosähkömies, Efora Oy. Keskustelu 3.4.2013.
- Saarela, Tuomo, Kunnossapitopalvelupäällikkö PK 5, Efora Oy. 2013, Re: Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti [tuomo.saarela@efora.fi](mailto:tuomo.saarela@efora.fi) 10.4.2013.
- Saarenpää, Jari 2006. Sähkötekniillisten laitteiden kunnossapidon kehittäminen sinkkitehtaalla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta.<<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/29885/TMP.objres.476.pdf?sequence=1>>
- Sap:n www-sivut 2013. Hakupäivä 29.1.2013.  
<<http://www.sap.com/finland/about/index.epx>>
- Siekinen, Henri, Varastotyöntekijä, Efora Oy. Keskustelu 12.3.2013.



Syrjälä, Esa, Sähköasentaja, Efora Oy. Keskustelu 15.3.2013.  
Tikkala, Harri, Automaatioinsinööri, AgnicoEagle Finland. Haastattelu 1.4.2013.  
Torkkola, Markku, Prosessinhoitaja, Stora Enso Oy. Haastattelu 25.3.2013.  
Vakkala, Aki, Kunnossapitoasiantuntija, Efora Oy. Haastattelu 12.3.2013.  
Vem www-sivut 2013, hakupäivä 18.4.2013.  
<<http://www.vem.fi/toimialaratkaisut/energiatehokkuus/moottorien-uusi-hyotysuhdeluokitus>>  
Ylitalo, Mauno, Laitosmies, Efora Oy. Haastattelu 27.3.2013.

## LIITTEET

Liite 1	1. Vian etsintä kaavio osa 1. 2. Vian etsintä kaavio osa 2.
Liite 2	Esimerkki käsirasvaajan työmääräimestä
Liite 3	Esimerkki voiteluhuollon työmääräimestä
Liite 4	Veitsiluodon paperitehtaalla käytettävät voiteluaineet
Liite 5	Esimerkki kunnonvalvojan työmääräimestä
Liite 6	1. Marlin hälytysarvotaulukko ja analysointituloksia 2. Analysointitulos (Lisävoitelun merkitys) 3. Analysointitulos (Moottorin vaihto) 4. Analysointitulos (Spektrikuvaaja)
Liite 7	Trendikuvaaja käyttöhenkilöstön suorittamisista Marlin mitauksista.
Liite 8	Tarkastuspöytäkirja
Liite 9	1. Voiteluvälit ja- määrät osa 1. 2. Voiteluvälit ja- määrät osa 2.
Liite 10	1. ABB:n lähettämiä huoltoraportti Eforalle sivu 1. 2. ABB:n lähettämä huoltoraportti Eforalle sivu 2. 3. ABB:n lähettämä huoltoraportti Eforalle sivu 3. 4. ABB:n lähettämä huoltoraportti Eforalle sivu 4. 5. ABB:n lähettämä huoltoraportti Eforalle sivu 5.
Liite 11	Saatekirjeen oikeaoppinen täyttäminen

## Liite 12

1. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
2. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
3. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
4. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
5. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
6. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
7. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta
8. Yhteenveto huomioon otettavista asioista moottoreiden osalta